

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1982:123

TEKOJARVIEN TURVELAUTTOJEN
POISTAMISMENETELMISTÄ

1982:123

TEKOJÄRVIEŦ TURVELAUTTOJEN
POISTAMISMENETELMISTÄ



Vesihallitus
Helsinki 1982

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona.

L U K I J A L L E

Vesistörakentamisen ympäristövaikutuksia on vesihallinnossa tutkittu varsin monipuolisesti koko sen olemassaolon ajan. Nämä tutkimukset ovat sisältyneet joko vesientutkimuslaitoksen vuotuisiin tutkimusohjelmiin tai ne ovat olleet vesipiirien ohjelmassa lyhytkestoisina haitta- ja vahinkotapausten selvittelytutkimuksina tai jatkuvana seurantana.

Vesihallitus perusti vuoden 1981 alussa "Pohjanmaan vesistörakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektin" ja varasi siihen käytettäväksi vuoden 1981 työmäärärahoista 2 % eli noin 1 milj. markkaa sekä työllisyysvaroja 0,6 milj. markkaa. Varoilla on palkattu tämän projektin osaprojekteihin työn suorittajia, ostettu konsulttipalveluksia, käynnistetty kenttämittauksia ja ylläpidetty koetoimintaa. Turvelauttojen poistamismenettelmätutkimuksiin, joka on eräs osaprojekti, käytettiin vuoden 1981 aikana pääasiassa työllisyysvaroja yhteensä 665 000 markkaa.

Pohjanmaan vesistörakentamisen tutkimus- ja kehitystyöprojekti asetti kokouksessaan 20.3.1981 tätä osaprojektia varten työryhmän, johon ovat kuuluneet: vanhempi insinööri Hannu Arola (Ouv) puheenjohtajana, jäsenenä yliagronomi E.A. Pälikkö (VL/ttt), insinööri Juha Kauto (Ouv) ja insinööri Heikki Savolainen (Kov), sekä työryhmän sihteerinä tekniikan ylioppilas Kari Poropudas (Ouv). Vesihallinnon ulkopuolelta on pyydettyinä asiantuntijana ollut vt.prof. Lauri Helenius (Oulun yliopisto).

Työryhmän tehtävänä on ollut suunnitellun ohjelman toteuttaminen ja johtopäätösten teko tutkimus- ja koetoiminnan tuloksista sekä koetoiminnan mahdollisesta jatkamistarpeesta vuoden 1981 jälkeen. Koetoiminta on tehty pääasiassa työllisyysvaroin. Niiden käyttöaika on saattanut jossain määrin ohjata työn suoritusta ja vaikuttaa tuloksiin.

Tämä tutkimus on hyväksytty myös opinnäytteenä (diplomityö) Oulun yliopistossa, jossa työtä on valvonut Lauri Helenius. Työn suunnittelu on suoritettu Oulun vesipiirin vesitoimistossa työryhmän valvonnassa. Kenttätutkimuksiin on osallistunut Oulun vesipiirin työorganisaatio.

TEKOJÄRVIEN TURVELAUTTOJEN
POISTAMISMENETELMÄT

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

JOHDANTO

1.	TURVELAUTTOJEN NOUSU JA NIIDEN LUONNE	1
1.1	Turpeen nousuun vaikuttavat tekijät	1
1.11	Tilavuuspaino	2
1.12	Kaasujen vaikutus tilavuuspainoon	3
1.13	Maatumisaste	8
1.2	Eri turvelauttatyypit	8
1.3	Turvelauttojen ominaisuudet	9
1.31	Pinta-ala	9
1.32	Paksuus	10
1.33	Turpeen laatu	10
1.4	Turvelauttojen liikkeet ja eroosio	13
1.41	Turvelauttojen liikkeet	13
1.42	Turvelauttojen eroosio	15
1.421	Turvelauttojen häviäminen	15
1.422	Aaltoeroosio	16
1.423	Jääeroosio	16
1.424	Turpeen nousun vaikutus veden laatuun	17
1.425	Eroosio Lokan tekojärvellä	17
2.	TURVELAUTTOJEN AIHEUTTAMAT HAITAT	18
2.1	Vesiliikenne	18
2.2	Voimatalous	19
2.3	Kalastus	19
2.4	Virkistyskäyttö	20
2.5	Maisemalliset vaikutukset	20
2.6	Veden laadussa tapahtuvat muutokset	21
3.	TURVELAUTTOJEN POISTAMISMENETELMÄT	23
3.1	Turvelauttojen nousun torjunta ennakolta	23
3.11	Suo- ja turvetutkimus	23
3.12	Turpeen poisto	24
3.121	Turpeen nosto	24
3.122	Turpeen muu käyttö	26
3.13	Painotus	27
3.14	Naverointi	31
3.15	Ojitus	31
3.2	Pintaan nousseiden turvelauttojen poistaminen	33
3.21	Yleistä	33
3.22	Paloittelu kesällä	33
3.221	Turvelaikkuri	33
3.222	Sirppileikkuri	35
3.223	Turvelauttojen hajoittaminen	35

3.23	Paloittelu talvella	36
3.231	Yleistä	36
3.232	Piipsjärven jääsahakokeilu v.1981	37
3.233	Kortteisen tekojärven turvelaut- tojen sahauskokeilu v. 1981	40
3.234	Naverointi KOPO-jyrsimellä	44
3.24	Hinaus	48
3.241	Yleistä	48
3.242	Kortteisen tekojärvi	49
3.243	Piipsjärvi	51
3.25	Läjitys	52
3.251	Yleistä	52
3.252	Kortteisen tekojärvi	53
3.253	Uljuan tekoallas	54
3.254	Piipsjärvi	54
3.26	Painotus	55
3.261	Painotusmenetelmä	55
3.262	Tarvittava painotus	56
3.263	Painotuskokeita	59
3.3	Muut menetelmät	65
3.31	Räjähdysaineet	65
3.32	Imuruoppaaja	66
3.33	Sea-dump-ruoppaaja	67
3.34	Järven kuivattaminen	68
3.4	Eri menetelmien tehokkuus- ja kustannus- vertailua	69
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET	74
	TIIVISTELMÄ	76
	ABSTRACT	77
	KIRJALLISUUSLUETTELO	78
	LIITTEET	80

J O H D A N T O

Nykyaikaisen tekojärven käyttöä koskevan suunnitelman tulee lähteä vesistön moninaiskäytön pohjalta, jossa eri talousalojen ja intressipiirien vaatimukset tulevat oikeassa suhteessa huomioonotetuiksi.

Tekojärvien rakentaminen tulvasuojelua, virkistyskäyttöä ja voimataloutta varten voi kuitenkin aiheuttaa ympäristössä muutoksia, jotka näkyvät vesistöjen tilan häiriintymisilmiöinä tai tekojärven käyttötarkoituksen estymisenä. Koska tekojärvet rakennetaan yleensä alaville suo- ja metsämaille, on kaikilla rakennetuilla tekojärvillä ilmennyt turpeessa tapahtuvien mikrobiologisten prosessien seurauksena turpeen irtoamista maapohjasta. Turpeessa kehittyvän kaasun vaikutuksesta suurina määrinä pintaan nousseet turvelautat ovat joillakin tekojärvillä muodostuneet suureksi ongelmaksi. Aikaisemmin kuivatun järven vesittämisen yhteydessä on turveongelmat myös mahdollisia. Turvelautat haittaavat lähinnä tekojärvien virkistyskäyttöä tai vähentävät niiden maisemallista arvoa, mutta ne voivat haitata myös uittoa ja voimataloutta.

Koska turvelauttoja on yritetty hävittää monin eri keinoin, joita ei ole koottu yhteen tiedon välityksen helpottamiseksi, on tässä tutkimustyössä koottu tehdyistä kokeiluista saatavana olevat tiedot. Lisäksi on pyritty aikaisempien kokeilujen ja vuonna 1981 tehdyn, tähän työhön liittyvän koetoiminnan kustannusten perusteella löytämään kuhunkin tapaukseen soveltuvat edullisimmat turvelauttojen poistamismenetelmät. Tutkimuksessa on käytetty vuoden 1981 hintatasoa.

1. TURVELAUTTOJEN NOUSU JA NIIDEN LUONNE

1.1 TURPEEN NOUSUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tekojärvet rakennetaan tavallisesti topografian muovaamille alueille, jotka ovat maankäytöltään vähäarvoisia. Tällaiset maastokohdat ovat useimmiten soistuneita, mikä on monilla tekojärvillä johtanut turpeen pintaan nousuun veden noston jälkeen. Turpeen pinnalle nousu johtaa osittain ajelehtivien turvelauttojen muodostumiseen ja toisaalta sellaisten kelluvien lauttojen muodostumiseen, jotka ovat jossain määrin pohjassa kiinni.

Turpeen pintaan nousuun vaikuttavat turpeen märkätilavuuspaino, huokoisuus, maatumisaste ja kaasumäärä. Luonnontilaisen turpeen tilavuuspaino on noin 1 ja sen pienillä vaihteluilla on mitä suurin vaikutus turpeen pintaan nousua ajatellen. Tilavuuspaino vaihtelee maatumisasteen ja turpeen sisältämän kaasumäärän tilavuuden mukaan. Lisäksi tilavuuspainoon voi vaikuttaa veden liuenneiden ilmakehän kaasujen vapautuminen. Tekojärvet hän täytetään kylmillä sulamisvesillä, joihin on liennut runsaasti kaasuja. Veden lämmitessä kesällä vähenee kaasujen liukoisuus veteen, jolloin ilmakehään vapautuvat kaasut voivat kohoittaa omalta osaltaan turpeita pintaan. Yläpuolinen kuormitus ja vaihtelevat lämpötilaolosuhteet vaikuttavat myös tilavuuspainon vaihteluihin. Taulukossa 1 on esitetty turpeen fysikaalisten ominaisuuksien keskimääräisiä raja-arvoja, jotka ovat turvelauttojen nousun edellytyksenä /6/.

Taulukossa 1 märkätilavuuspainolla tarkoitetaan turvemassan tilavuuspainoa luonnossa. Kuivatilavuuspainolla tarkoitetaan uunissa kuivatun turvenäytteen painon ja sen alkuperäisen tilavuuden suhdetta. Turpeen nousuun vaikuttavat lisäksi pH, turvelaji, turpeen kerroksellisuus ja turvekerroksen paksuus sekä suon puustoisuus, rimpisyys ja jänteisyys.

Taulukko 1. Turpeen fysikaaliset ominaisuudet (keskimäärin) turpeen nousun edellytyksenä/Karesniemi, 1975/.

Ominaisuus	Arvo
Märkätilavuuspaino	alle 1 g/cm ³
Kuivatilavuuspaino	alle 0,110 g/cm ³
Kosteus märkäpainosta	yli 88 %
Huokoisuus	yli 93 %
Maatumisaste	alle 5 (von Post)
Kaasumäärä	yli 43 l/m ³

1.11 Tilavuuspaino

Tarkasteltaessa turpeen nousua on tärkeätä tietää turpeen tilavuuspaino, maatumisaste, kaasumäärä sekä lämpötila- ja paineolosuhteet. Ruotsalainen tutkimustoimisto Ab Hydroconsult on tehnyt Lokan ja Porttipahdan tekojärvillä turpeen nousua koskevan ennusteen ennen vedennostoa ja sen jälkeen seurantatutkimuksen /1, 2/. Tutkimuksissa todettiin, että turpeen tilavuuspainon määrittäminen on vaikeaa turpeen tiivistymisen sekä kaasun ja veden poispuristumisen takia. Jäätäneelle rimpiturpeelle saatiin tilavuuspainoksi 0,94 von Postin mukaisen (liite 1) 10-asteikkoisen maatumisasteen ollessa $H = 4-5$, jolloin turve on heikosti tai jonkin verran maatunutta. Vastaavasti jänneturpeen tilavuuspainoksi määritettiin 0,95 maatumisasteen ollessa $H = 2$, jolloin turve on melkein maatumatonta. Taulukossa 2 on esitetty Porttipahdan tekojärven turvenäytteistä määritettyjä kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia /1/.

Taulukko 2. Turpeen maatumisaste ja tiettyjä kemiallis-fysikaalisia ominaisuuksia (21 näytettä).

	H	pH	Vesipit. %	Tilav. paino	Turveainek. til.paino	Veden imukyky
Minimi	1,0	3,4	78,0	1,02	1,19	1,43
Keskimäärin	3,9	4,1	84,8	1,05	1,48	3,58
Maksimi	8,0	6,4	94,0	1,08	1,79	13,48

Taulukossa 2 olevat turpeen tilavuuspainojen arvot ovat keskimäärin 1,05. Ne ovat todellisia arvoja korkeampia, koska niiden määrittämisessä ei ole huomioitu turpeen sisältämää kaasumäärää. Turveaineksen tilavuuspaino voitiin määrittää, kun turpeen vesipitoisuus oli tunnettu. Turpeen vedenimukyvystä todettakoon, että kuivunut turve ei voi saada kokonaan takaisin kerran menettämänsä vesimäärää. Tämä johtuu turpeen kolloidisesta rakenteesta ja se on sitä merkittävämpi mitä korkeampi on maatumisaste /1/. Tällä voi olla merkitystä alueilla, joilla veden pinta lasketaan säännöllisin väliajoin turpeen jäädessä "kuiville". Vahingoittumaton turvekerros saa riittävästi vettä kapillaari-ilmiön ja korkean pohjaveden perusteella, mutta erosoitunut turve voi käyttäytyä toisin. Tuuli ja aurinko voivat kuivattaa sitä niin, että se menettää entisen suuruisen vedenimukykynsä. Tällöin veden pintaa jälleen nostettaessa turpeen tilavuuspaino voi laskea aikaisempaa pienemmäksi ja sen nousuriski tulla suuremmaksi. Käytännössä tällä ilmiöllä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä, sillä tavallisesti sateet ja ilmankosteus pitävät vesipitoisuuden turpeessa riittävän korkeana.

Taulukon 2 arvot osoittavat, että turveaines ei yksin nouse tilavuuspainonsa perusteella muuten kuin jäätyneenä. Jäätyneen turpeen nousu on kuitenkin harvinaista, sillä tekojärvet ovat yleensä täynnä syksyllä, jolloin turve voisi jäätyä. Toisaalta kun tekojärvestä juoksutetaan vettä talven aikana, voi turvealueita jäädä vedenpinnan yläpuolelle jään alle. Nämä turvealueet voivat nousta jään mukana kevättulvien aikana, jos tekojärvi täytetään nopeasti.

1.12 Kaasujen vaikutus tilavuuspainoon

Tekojärven patomaista seuraavina vuosina hajottajaorganismeille on tarjolla erittäin runsaasti hajotuskelpoista ainesta, minkä vuoksi tekojärviin kehittyy aluksi voimakkaat mikrobipopulaatiot. Mikrobiologisten prosessien seurauksena hajotuskelpoisen aineen, turpeen, hajotuksessa vapautuu ns. suokaasua, jota kerräntyy turpeeseen niin runsaasti, että kaasun aiheuttama nostovoima kohottaa turpeen pinnalle. Ensimmäisien padotusvuosien aikana kehittynee veteen kaasuja myös terrestristen kasvien hengityksestä. Suokaasun suurimmat komponentit ovat Svedmarkin vuonna 1894 tekemän määrittelyn mukaan 70 % metaania, 20 % typpeä ja 10 % vetyä /1/.

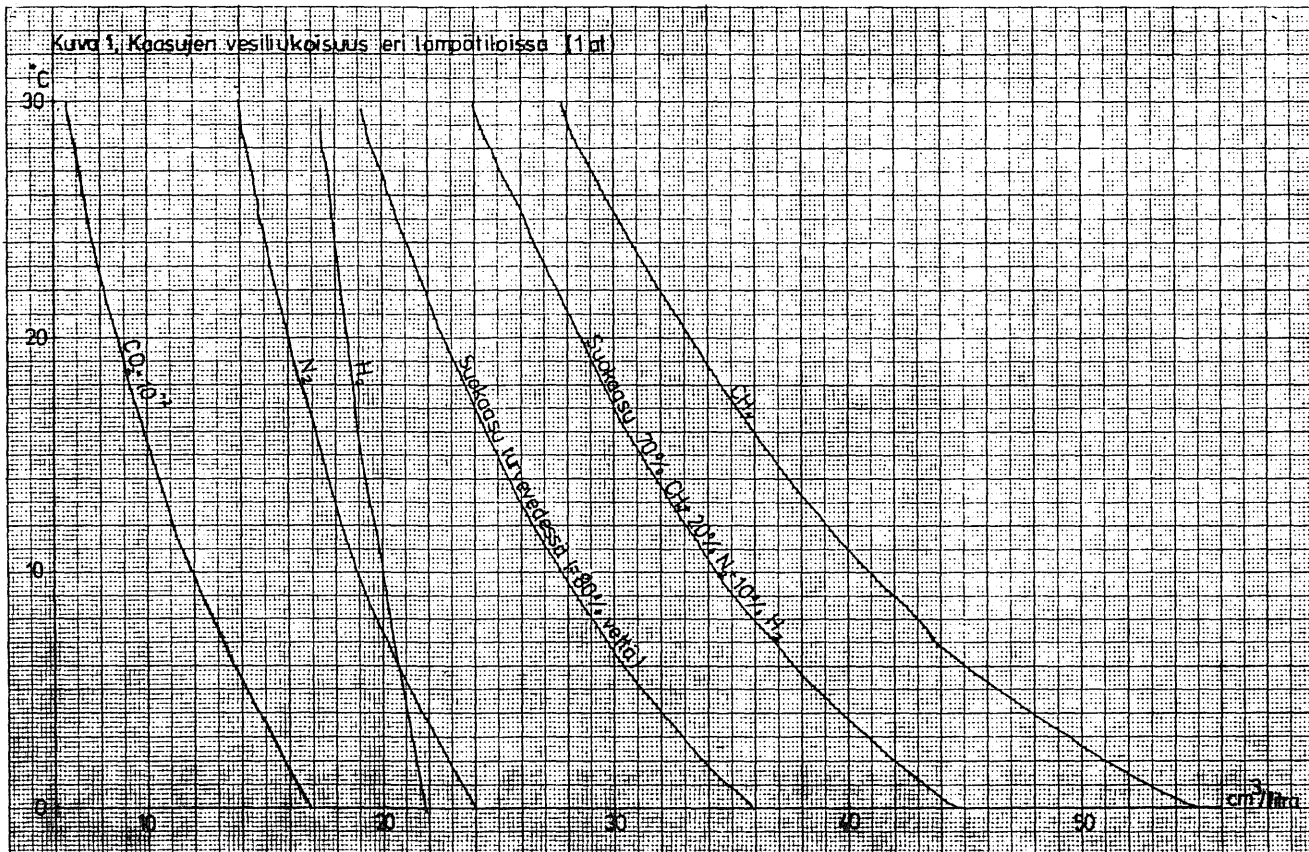
Lokan tekojärvellä kenttäolosuhteissa on tehty kaasun tuotantoa koskevia mittauksia kokoamalla kaasu tynnyriin /1/. Näissä kokeissa on voitu mitata vain koealueilta poistuva kaasu mittausjakson aikana. Kolmen kuukauden aikana mitatun poistuvan kaasun määrä oli keskimäärin 8 litraa turvekuutiometriä kohti. Kohonneen lämpötilan takia vedestä poistuneen kaasun määrä oli 5 litraa, tilavuuden laajenemisesta 2/3 litraa ja kokeen aikana tuotetun kaasun tilavuus oli 2,5 litraa. Vuoden kylmänä aikana tuotettu kaasu liukenee suurimmalta osaltaan turveveteen ja sitä poistuu siten vain vähäinen määrä. Kaasun kehitys on voimakkainta veden lämpötilan ollessa 20-25 °C, kun taas 5 °C lämpötilassa se on vain 15-20 % maksimikehityksen aikaisesta arvosta.

Kokeen perusteella voidaan kaasun vuosituotantona pitää 10 litraa kaasua turvekuutiometriä kohti. Kenttämittauksilla on arvioitu Lokan ja Porttipahdan tekojärvien turvemaiden (50 500 ha) tuottavan kaasua noin 12 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Tästä määrästä poistuu suoraan ilmakehään noin 5 miljoonaa kuutiometriä. Jäljelle jäävä noin 7 miljoonaa kuutiometriä varastoituu aluksi turpeeseen ja poistuu siitä hitaasti uuden kaasun korvautessa sen. Juuri tämä kaasumäärä pystyy nostamaan turpeen veden alta.

Kaasun muodostumisesta ja poistumisesta on vaikea tehdä tarkkoja mittauksia. Lämpötilan ja paineen vaihteluiden seurauksena tapahtuvat kaasutilavuuden ja kaasun liukoisuuden muutokset voidaan sensijaan laskea tunnettujen lakien avulla.

Ab Hydroconsult on määrittänyt turpeen sisältämän kaasumäärän. Taulukossa 3 (sivu 5) on esitetty kuuden turvenäytteen maatu-
misaste, kosteus, tupasvillan tuppien säikeiden määrä sekä juu-
ririhmojen ja puunjätteen määrä. Näytteille tehtiin koe, jossa
paineolosuhteita muuttamalla muutettiin turpeen sisältämän kaa-
sun tilavuutta. Vakiolämpötilassa tehdyssä kokeessa voitiin
Boyle'n lakiin perustuen määrittää turvenäytteen kaasutilavuus
litraa kohti. Rimpiturpeelle saatiin keskimääräiseksi arvoksi
 $25 \text{ cm}^3/\text{l}$ (H 1-4) ja jänneturpeelle $32 \text{ cm}^3/\text{l}$ (H 2-5) /1/.

Kuvasta 1 käy ilmi, miten kaasujen vesiliukoisuus on riippuvai-
nen lämpötilasta yhden ilmakehän paineessa. Lämpötilan noustes-
sa kaasujen vesiliukoisuus pienenee ja sen poistuminen turpees-
ta vähenee. Metaania liukenee veteen 0°C lämpötilassa $55 \text{ cm}^3/\text{l}$
($39,6 \text{ mg/l}$) ja 20°C lämpötilassa $33 \text{ cm}^3/\text{l}$ ($23,6 \text{ mg/l}$).



Kuva 1. Kaasujen vesiliukoisuus eri lämpötiloissa normaalipaineessa (1 at.).

Taulukko 3. Kaasumäärän määrittäminen painetta muuttamalla /1/.

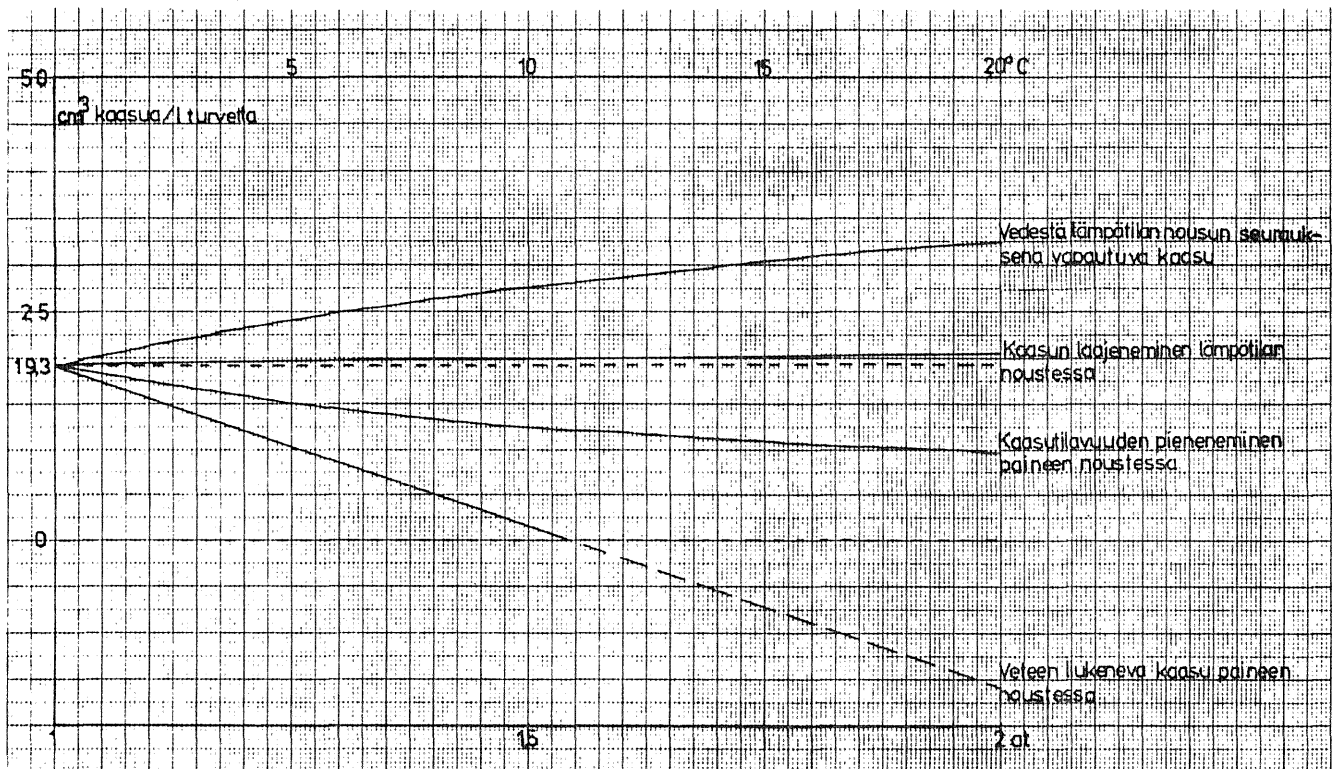
Näyte	Ottosyvyys m	Näytteen paino g	Tilavuus cm ³	P ₁ mm Hg	P mm Hg	P ₂ mm Hg	V cm ³	V ₁ cm ³	Kaasumäärä cm ³ /l
<u>Rimpiturve</u>									
Carex-Sphagnum H4, B3, F1, R1, V0	1,5	221	217	765	212	377	1,28	5,9	27,2
Carex H2, B3, F1, R3, V0	1,0	264	258	747	200	947	1,2	5,68	22,0
Carex H1-2, B3, F1, R3, V0	0,5	241	237	747	206	953	1,39	6,43	27,1
<u>Jänneturve</u>									
Carex-Equisetum H5, B3, F1, R1, V0	2,0	190	190	747	238	985	1,46	6,04	31,8
Carex-Sphagnum-Equisetum H2, B3, F0, R2, V0	1,0	221	218	747	232	979	1,62	6,84	31,4
Spapnum-Carex-Betula H0-1, B3, F1, R1, V2	0,2	197	198	747	191	938	1,87	9,18	46,4

H kuvaa von Postin mukaista 10-asteikkoista maatumisastetta (H1-10)
 B tarkoittaa turvenäytteen kosteusastetta ilmakeivasta märkään (B1-5)
 F tupasvillan juuret ja säikeet (F0-3)
 R juuririhmojen määrä (R0-3)
 V puunjätteen määrä (V0-3)

Toisaalta turpeesta irtoaa vakiomäärä kaasua ja täten lämpötilan noustessa esimerkiksi 20°C saattaa turpeeseen varastoituvan kaasun lisämäärä olla moninkertainen 10°C lämpötilassa tapahtuvaan verrattuna tai jopa niin, että 10°C lämpötilassa kaasua ei turpeeseen varastoidukaan, vaan syntyvä kaasumäärä liukenee samalla nopeudella veteen. Ab Hydroconsultin tutkimusten mukaan kaasun tuotannon ja poistumisen ollessa tasapainossa rimpiturpeen tilavuuspaino on keskimäärin $1,02 \text{ kg/dm}^3$ /1/.

Turpeesta ja turpeen vedestä liuennut kaasu ei voi poistua turpeesta esteettömästi turpeen tiiveyden takia. Maalajin huokostila ei salli vapaata kulkutietä kaasulle. Vasta paineen noustessa riittävän suureksi kaasu vapautuu. Kaasun vapautuminen voidaan havaita pienenä kuplimisena, jota usein esiintyy turvepohjaisissa järvissä. Jos turve on niin tiheä, ettei kaasulle ole riittäviä kulkuväyliä, tapahtuu turpeessa vähitellen vaakasuunnassa repeämä. Tätä pidetään turvelauttojen syntymisen selityksenä. Turvelautan noustessa pintaan paine vähenee turpeen sisällä. Koska kaasun vesiliukoisuus on lämpötilariippuvuuden lisäksi myös suoraan verrannollinen paineeseen, johtaa tämä erityisesti kaasun vapautumiseen turpeen vedestä, mikä taas lisää entisestään nostovoimaa. Kuvassa 2 on esitetty rimpiturpeen kaasutilavuuden muutokset paineen ja lämpötilan muuttuessa. Kuten edellä todettiin, rimpiturpeessa oleva kaasumäärä on 20°C lämpötilassa keskimäärin 25 l/m^3 . Se vastaa NTP:n arvoa 23 l/m^3 . Kun tästä vähennetään lämpötilan muutosta $+4^{\circ}\text{C}$:sta 0°C :een vastaava liukoisuus 4 cm^3 (kuva 1), saadaan lähtötilanteeksi 0°C lämpötilassa ja 1 at:n paineessa se, että litrassa turvetta on $19,3 \text{ cm}^3$ kaasua kuplamuodossa. Tämä tilavuus kasvaa 20°C lämpötilassa arvoon $(19,3 + 13,6) \cdot 293/273 = 35,3 \text{ cm}^3/1$, jossa $13,6 \text{ cm}^3$ on lämpötilan muutoksesta johtuva kaasun vapautumisen turpeen vedestä (kuva 2). Kaasutilavuus kasvaa siis $35,3 - 19,3 = 16 \text{ cm}^3/1$ lämpötilan nousun seurauksena. Koska kaasun tilavuuden muutos 1 cm^3 :llä merkitsee tilavuuspainossa $0,001 \text{ kg/dm}^3$ muutosta, saadaan turpeen tilavuuspainoksi $1,02 - 16 \times 0,001 = 1,004 \text{ kg/dm}^3$. Näin ollen tarvitaan kaasua lisää vain $5 \text{ cm}^3/1$, jotta turpeen tilavuuspaino laskisi alle kriittisen arvon $1,00 \text{ kg/dm}^3$ arvoon $0,999 \text{ kg/dm}^3$.

Oletetaan tilanne, jossa tekojärven veden pintaa lasketaan 6 metristä 4 metriin, jolloin siis paine turpeessa muuttuu $1,6 \text{ at:sta}$ $1,4 \text{ at:ään}$. Oletetaan lisäksi, että tasapainotilanteen $25 \text{ cm}^3/1$ kasvaa kesä lämpötilan noususta johtuen arvoon $32 \text{ cm}^3/1$. Paineen laskiessa $0,2 \text{ at:ää}$ kaasun tilavuus laajenee Boylen lain mukaan arvoon $36,6 \text{ cm}^3/1$, jolloin tilavuuden muutos on $4,6 \text{ cm}^3/1$. Tilavuus paino pienenee tällöin arvoon $1,02 - (7 + 4,6) \times 0,001 = 1,008$. Kun otetaan vielä huomioon paineen laskemisesta johtuva liukoisuuden pieneneminen $7,1 \text{ cm}^3/1$, saadaan tilavuuspainoksi $1,001 \text{ kg/dm}^3$. Ilmanpaineen vaihtelut voivat olla riittäviä muuttamaan tätä arvoa niin, että turve nousee pintaan.



Kuva 2. Kaasutilavuuden muutokset lämpötilan ja paineen muuttuessa.
Rimpiturve (0°C , 1 at) $19,3 \text{ cm}^3$ kaasua litrassa turvetta.

Turpeen noustessa pintaan paine laskee $0,4 \text{ at}$:ää ja kaasun tilavuus laajenee täyteen arvoonsa $32 \text{ cm}^3/\text{l}$. Pinnalla vapautuu myös kaasua turpeen vedestä $18,6 \text{ cm}^3/\text{l}$. Turpeen tilavuuspaino saa tällöin arvon $1,02 - (7 + 32 + 18,6) \times 0,001 = 0,962 \text{ kg/dm}^3$. Lisäksi pintavesi on lämpimämpää kuin pohjavesi, mikä myös pienentää tilavuuspainoa.

Syvällä pohjassa olevassa turpeessa kaasu on puristunut pienen tilavuuteen veden aiheuttaman paineen vuoksi. Kun altaasta juoksutetaan vettä pois, vedenpinnan lasku pienentää kaasuun kohdistuvaa painetta. Tällöin kaasu laajenee ja sen turvetta nostava voima lisääntyy, jolloin turve nousee pintaan. Siten tekojärvien säännöstelyllä on oma vaikutuksensa turpeen pintaan nousuun.

Jokainen metrin muutos syvyydessä muuttaa turpeen tilavuuspainoa $0,005$ yksikköä, jolloin siis vedenpinnan laskiessa yhden metrin tilavuuspaino pienenee $0,005$ yksikköä. Jos vedenpinta alenee HW:sta 3-4 metriä, on riski turpeen nousuun olemassa. Ab Hydroconsultin tekemän tutkimuksen mukaan 10°C lämpötilamuutos muuttaa turpeen tilavuuspainoa $1,02$:sta $1,01$:een kg/dm^3 /l/. Karesniemen /3/ mukaan vedenpinnan vaihteluiden aiheuttamalla paineen muutoksilla on suurin vaikutus turpeen tilavuuspainoon ja siten mahdolliseen pintaan nousuun.

Suurin nousuriski vallitsee siis olosuhteissa, jolloin veden lämpötila on korkea ja vedenpinta matalalla. Korkea veden lämpötila ja vähentynyt veden paine lisäävät kaasujen vapautumista vedestä. Tällöin kaasu kerääntyy kuplina turpeen huokosiin.

Samat lautat, jotka kelluvat sisältämänsä kaasumäärän turvin, voivat syksyllä upota veden lämpötilan laskiessa ja kaasun vesiliukoisuuden kasvaessa. Osa kaasusta vapautuu myös ilmakehään, koska turvelautat ovat vedenpinnalla ollessaan alttiita tuulen ja aallokon vaikutuksille. Tämä aiheuttaa turpeen kuohkeutumista ja rikkoontumista. Kaasun poistuessa turpeesta turpeen tilavuuspaino nousee ja turvelautta voi upota uudelleen pohjaan. Turpeen sisältämän kaasumäärän lämpötilariippuvuudesta johtuen vaihtelee turvelauttojen määrä vuoden aikana. Eniten niitä esiintyy keskikesällä lämpimän veden aikaan. Koska altaista juoksutetaan vettä lähinnä keski- ja loppupalviin, on turpeen nousuriski suuri myös alkukevällä vaikka veden lämpötila onkin alhainen.

1.13 M a a t u m i s a s t e

Turpeen repeytymisen turvepohjasta on todettu tapahtuva turpeen ja mineraalimaan rajalta turpeen ollessa ohutta (noin 70 cm) ja vähän maatunutta. Repeytyminen voi alkaa myös heikosti maatuneen (H1-H3) ja vahvasti maatuneen (H5-H6) turpeen rajaa myöten /15/. Pahiten turpeen noususta kärsivät keskimaatuneet pinta- ja välikerrokset, sillä ne ovat jokseenkin tiheitä estäen kaasun poistumisen. Lisäksi niissä kaasun tuotanto on runsasta. Maatumisen edistyessä kaasun tuotanto vähenee ja turve painuu tiiviimmäksi, jolloin tilavuuspaino nousee. Toisaalta kaasu ei läpäise tiivistä kerrosta yhtä helposti kuin vähän maatunutta kerrosta.

1.2 ERI TURVELAUTTATYYPIT

Turvelautat voidaan jakaa kasvillisuuden tilan perusteella ns. vihreisiin (eläviin) ja mustiin (kuolleisiin) lauttoihin.

Turvelauttojen syntyminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Osa turpeesta nousee välittömästi veden mukana pintaan, osa nousee vasta kahden tai kolmen vuoden kuluttua. Suurin osa rimpinevoista repeää heti vedenpinnan kohotessa. Rimpilautat ovat ohutturpeisia (noin 40 cm) lauttoja, jotka eivät kestä kävellä, vaikka niiden kasvillisuus on rehevää. Elävinä lauttoina nousevat usein myös jokivarsien tulvanevat, joiden kasvillisuus rehevöityy allasvesien vaikutuksesta. Valtalajeina tällaisilla elävillä lautoilla ovat raate, suovillat, korte, sirppisammalet, kurjenjalka sekä sarat. Puuta kasvavat suotyypit eivät yleensä nouse. Lokan tekojärvellä todettiin vuosina 1972 ja 1974 nousseiden lauttojen pinta-alasta olevan noin 80 % eläviä lauttoja /6/. Elävät lautat kelluvat usein pitkään ja voivat jäädä pysyvästikin pinnalle, sillä niillä elävien suokasvien juuret sisältävät runsaasti ilmaa.

Kuollut lauttatyypin irtoaa pohjasta vasta syvässä vedessä. Karesniemen tutkimusten mukaan turve, joka ei heti nouse allasta ensi kertaa täytettäessä, ei tule nousemaan kahden ensimmäisen vuoden aikana /6/. Tämä koskee niitä tekojärviä, jotka täytetään kahden vuoden aikana (esim. Lokan tekojärvi). Tällöin lisääntyvän paineen vaikutus kaasun liukoisuuteen turpeen veteen ja kuplamuodossa olevan kaasun määrä turpeessa aiheuttavat sen, että turpeen nousuriski täytön aikana on pieni /6/. Nousu on runsainta 3-5 vuoden kuluttua padotuksen alkamisesta, kun sitova kasvipeite on kuollut ja sen tilalle muodostuu musta kuohkea detrituskerros /2/. Joissakin tapauksissa säilyvät silmut elossa saramaisten kasvien maavarsissa, jolloin pintaan noussut lautta saa kasvipeitteen nopeasti. Kuolleet lautat ovat suotyypiltään nevakorpiä ja saranevoja. Niiden turvekerros on paksumpi kuin elävien lauttojen ja niiden pinnalle on usein laskeutunut 5-10 cm:n lietekerros.

Kuolleiden lauttojen suhteellinen osuus näyttää pienentyvän vuosien kuluessa. Lokan tekojärvellä se oli vuonna 1972 20-25 % ja vuonna 1974 15 % nousseen turpeen määrästä /15/.

Lauttojen esiintymisessä tapahtuu tiettyä jaksottelua. Kuolleet lautat nousevat pintaan kesällä veden lämmentyessä ja vajavat pohjaan syksyllä veden kylmetessä. Tekojärven säännöstely vaikuttaa myös turpeen nousun jaksollisuuteen, sillä vedenpinnan vaihteluilla on tärkeä merkitys turpeen nousutapahtumassa. Osa lautoista saattaa pysyä ympäri vuoden pinnalla. Lautat voivat ajelehtia irtonaisina ympäri tekojärveä tai ne voivat olla joiltakin osin pohjassa kiinni, jolloin ne pysyvät nousukohdan lähistöllä.

1.3 TURVELAUTTOJEN OMINAISUUDET

1.31 P i n t a - a l a

Turvelauttojen koko vaihtelee huomattavasti. Suurimmat lautat ovat kymmeniä hehtaareja ja pienimmät muutamia neliömetrejä. Lokan tekojärvellä tehdyt turvelauttojen kokoa ja paksuutta koskevassa tutkimuksessa todettiin rimpilettolauttojen suurimman lautan olleen alunperin 38 ha, rimpinevalauttojen 9 ha, tulvanevalauttojen 10 ha, saranevalauttojen 52 ha ja nimeämättömien lauttojen suurin 49 ha. Tutkittujen lauttojen keskikoko oli alunperin 13 ha ja kesällä vuonna 1971 9 ha /6, 15/.

Paksuturpeiset lautat ovat muodoltaan pyöreäköjiä ja niiden pinta-alat helposti mitattavissa. Rimpilautat ovat muodoltaan pitkulaisia ja allikoiden rikkomia. Usein ne muodostavat katkeilevaa allikoiden särkemää turvepintaa useiden kilometrien matkalla.

1.32 P a k s u u s

Turvelauttojen paksuus vaihtelee 0,2 metristä jopa yli 3 metriin. Edellä mainitun (1.31) tutkimuksen lauttojen turvepaksuus oli keskimäärin 70 cm. Nevakorpien, saranevojen ja tulvanevojen lautat olivat yleensä metrin paksuisia. Taulukossa 4 on esitetty tutkittujen lauttojen paksuudet. Siinä on suotyyppittäin lauttojen minimi-, keskimääräinen ja maksimipaksuus talvella ja kesällä vuonna 1971 tehtyjen mittausten mukaan /6/.

Taulukko 4. Turvelauttojen paksuus Lokan tekojärvellä.

Lautta		Lautan paksuus cm					
Kpl	Suotyyppi	Talvella			Kesällä		
		min	keskim.	max	min	keskim.	max
8	Rimpiletto	60	93	210	40	58	130
2	Rimpineva	60	90	170	40	69	110
3	Tulvaneva	60	94	140	40	67	125
7	Saraneva	55	110	370	40	79	200
15	Ei nimetty	60	90	170	20	66	120
35	Yhteensä	55	95	370	20	67	200

Taulukosta nähdään eri suotyyppisiä edustavien tutkimuslauttojen minimipaksuuksien olleen talvella 1971 noin 60 cm ja kesällä 1971 noin 40 cm. Lauttojen keskimääräiset paksuudet talvella olivat suunnilleen samansuuruiset 90-94 cm, paitsi saranevalautoilla, joilla se oli 110 cm. Sama toteamus voidaan tehdä myös kesän 1971 havainnoista, joiden mukaan keskimääräiset paksuudet olivat 58-59 cm ja saranevoilla 79 cm. Suurin maksimipaksuus oli talvella 1971 saranevalautoilla 370 cm, rimpilettolautoilla 170 cm, rimpinevalautoilla 170 cm ja tulvanevalautoilla 140 cm. Kesällä todetut maksimi-arvot olivat suuruusluokaltaan samansuuruiset 110-130 cm saranevalauttoja lukuunottamatta, joilla se oli 200 cm. Eroosion aiheuttamaa ohentumista on selvästi tapahtunut /6/. Yleensä tekojärvien turvelauttojen paksuus vaihtelee 0,3-1,1 m. Ne kelluvat pinnalla siten, että niiden pintaosa on 0-10 cm vedenpinnan yläpuolella riippuen mm. lämpötilasta.

1.33 T u r p e e n l a a t u

Taulukossa 5 on esitetty 7 eri tekoaltaan nousseista turvelautoista mielivaltaisesti otettujen näytteiden fysikaalisia ominaisuuksia /6/. Näytelauttojen paksuudet vaihtelevat 0,3-1,0 m. Turvelaji on melkein kaikilla altailla saravaltaista, ja turve yleisesti heikosti maatunutta (H2-H3). Muiltakin ominaisuuksiltaan näytelautat täyttävät taulukossa 1 esitetyt turpeen nousua edellyttävät raja-arvot. Edellä mainituista

Taulukko 5. Yhteenvedo eräissä tekojärvissä nousseiden
turvelauttojen turpeen fysikaalisista arvoista /6/.

Näyte n:o	Turvelaji	H. v. Post	pH	Märkä- til.p. g/cm ³	Kuiva- til.p. g/cm ³	Kosteus %	Huokoi- koisuus %	Tuhka- pitoi- suus %	Kaasu l/m ³	Lautan paksuus cm
Hirsijärven allas, Seinäjoki										
1	C	3	4,80	0,998	0,102	89,8	93,4	7,30	38	
3	C	2	4,90	0,996	0,104	89,6	93,5	11,60	42	
7	BC	2	5,25	0,986	0,106	89,2	93,8	22,80	58	
9	C	2	4,80	0,982	0,091	90,7	94,2	10,00	54	
11	C	3	5,10	0,995	0,091	90,9	94,1	5,70	37	
13	BC	2	5,25	0,990	0,100	89,9	94,0	20,60	55	
15	BC	2	5,60	0,988	0,110	88,8	93,3	17,60	56	
Hirsijärven allas, Seinäjoki										
1	BC	3	5,60	0,997	0,109	89,9	93,5	7,05	39	80
2	BC	3	5,60	0,992	0,093	90,6	94,0	7,05	41	
Liikapuron allas, Jalasjärvi										
1	BS	1	4,40	0,968	0,039	96,0	97,5	4,46	46	100
2	BS	1	4,40	0,988	0,043	95,6	97,2	4,46	28	
Kivilammen allas, Jurva										
1	BS	2	4,60	0,967	0,059	93,9	96,2	2,32	54	100
2	BS	1	4,60	0,995	0,053	94,7	96,8	2,32	26	
Kortteisen allas, Piippola										
1	BC	4	5,40	0,990	0,094	90,5	93,8	3,51	42	30
2	BC	3	5,40	0,998	0,082	91,7	94,5	3,51	29	
Uljuan allas, Pulkkila										
1	BS	1	4,80	0,934	0,044	95,3	97,3	6,14	82	90
2	BS	1	4,80	0,960	0,040	95,8	97,5	6,14	55	
3	C	5	4,30	0,997	0,106	89,4	93,0	3,99	39	60
4	C	5	4,30	0,998	0,110	88,9	92,7	3,99	39	
Suorvan allas, Ruotsi										
1	C	2	4,80	0,982	0,078	92,1	94,9	3,04	45	
2	BC	2	4,80	0,998	0,076	92,4	94,9	3,99	27	
3	C	3	4,80	0,998	0,095	90,5	93,7	3,23	34	
4	BC	3	4,80	1,003	0,089	91,1	94,1	3,89	27	
5	BC	3	4,80	0,998	0,080	92,0	94,7	3,20	29	

lautoista on selvitetty myös laboratorio-olosuhteissa niistä vapautuva kaasu. Puolessa vuodessa 5 litran turvenäytteestä vapautui palavaa kaasua 0,3-2,7 litraa. Tästä on tehtävissä toteamus muodostuvan kaasun määrän olevan riippuvainen turvemassasta. Kaasua todettiin muodostuvan vain noin metrin paksuisessa pintaturvekerroksessa riippuen turvemassan ominaisuuksista /6/.

Yleisesti metaanin kehittymisestä turpeessa on todettu, että 1) metaanin kehittyminen suurenee pH-luvun kasvaessa ollen sitä runsaampaa mitä täydellisemmät anaerobiset olosuhteet on saavutettu, 2) se voimistuu lämpötilan kohotessa, 3) sen edellytyksenä on lisäksi orgaanisen massan riittävä typen pitoisuus, 4) metaanin tuotos on sitä runsaampaa mitä erilaisemmista orgaanisista komponenteista hajoitettava massa on koostunut ja 5) eri suokasvit hajoavat orgaanisen kokoonpanonsa vuoksi erilaisella nopeudella, joten kaasumäärän muodostumisessa on eroja. Viimeksi mainitulla seikalla on turpeen nousun kannalta oma merkityksensä. Kasvien maanpäälliset osat ja lehtisammalien jäänteet hajoavat nopeasti. Sarojen maanpäälliset osat hajoavat nopeammin kuin maanalaiset, joten sara-turve on pääasiassa juuririhmaston muodostamaa. Rahkasammalien ja turpeen hajotus tapahtuu huomattavasti hitaammin kuin muiden suokasvien.

Hajoamisnopeuden erilaisuutta kuvaavat eri turvetekijöiden maksimimaatumisasteet (taulukko 6).

Taulukko 6. Eri turvetekijät ja niiden maksimimaatumisasteet.

Turvetekijät (tt)		Maksimimaatumisaste (von Post)
B	(lehtisammalet)	5,5
EuS	(eutrofiset rahkasammalet)	6,5
Gr	(heinät)	8,0
C	(sarakasvit)	8,0
L	(puut ja pensaat)	8,0
Er	(tupasvilla)	10,0
N	(varvut)	10,0
S	(rahkasammalet)	10,0

Lokan tekojärvellä vuonna 1971 tehdyn turpeen laatua koskevan tutkimuksen tulokset näkyvät taulukosta 7 /6/.

Taulukko 7. Turvelauttojen turpeen laatu Lokan tekojärvellä.

Suotyyppi	Turvelaji		Maatumisaste		Uponnut tai hajonnut	
			0,2-0,5 m	0,5-1,0 m	ha	%
Rimpiletot	S	C	2,8	5,5	58	43,9
	4	5				
Rimpinevat	S	C	2,5	5,0	7	42,0
	1	2				
Tulvanevat		C	3,0	4,3	7	40,6
		3				
Saranevat	L	S	2,5	4,7	18	20,7
	2	4				
		9				

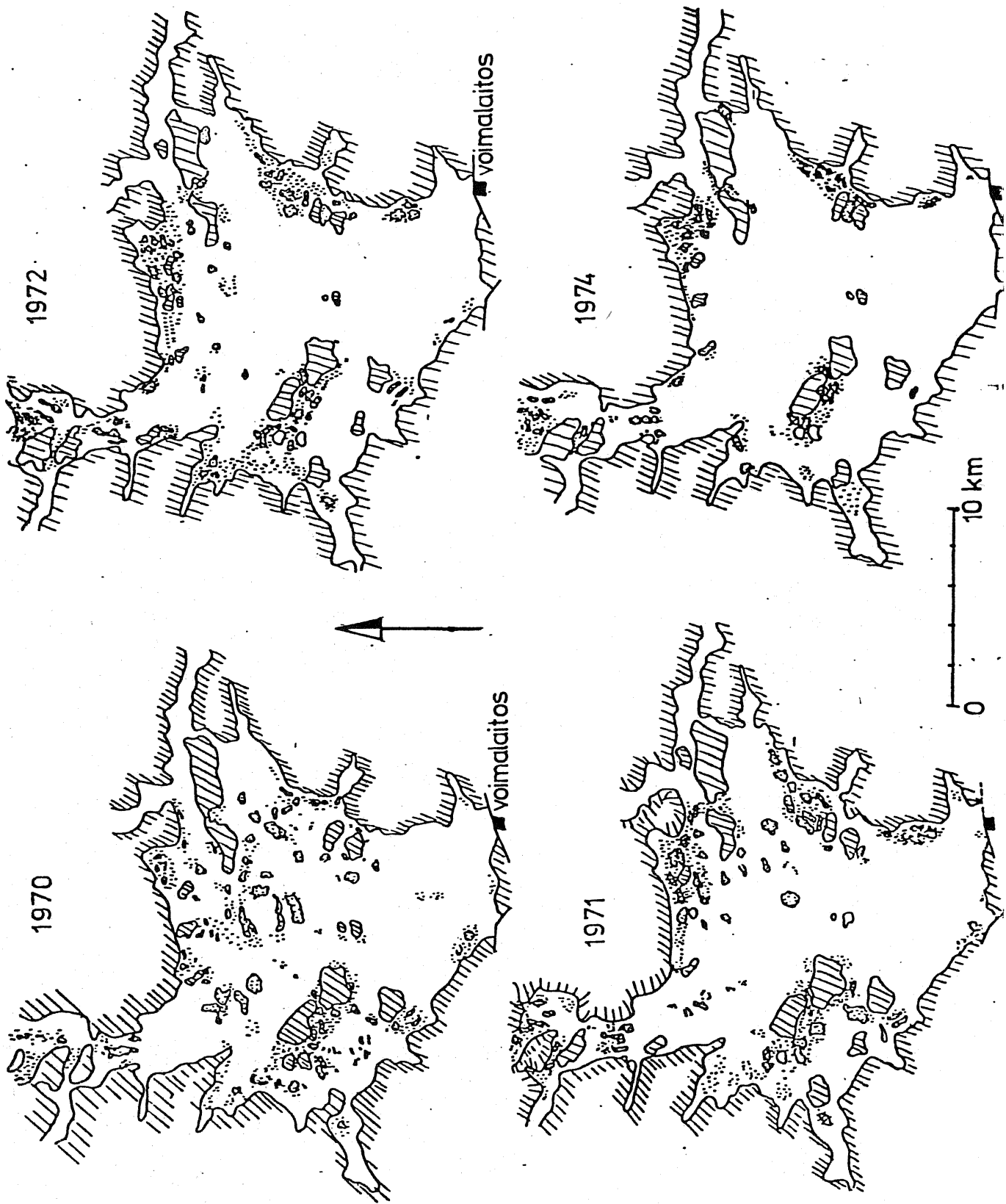
Turvelajin kohdalla merkintä on pöytänteissä tavattujen turvetekijöiden summa. Esimerkiksi 4 5 tarkoittaa, että näytteisissä on tavattu 4 kertaa S-tekijää ja 5 kertaa C-tekijää. Uponnut tai hajonnut-sarake tarkoittaa tutkimuslauttojen seurannan aikana hävinnyttä määrää.

Lopuksi tarkastellaan kahta Hirvijärven tekoaltaan turvelauttaa. Turvelauttojen pinta-alat olivat syksyllä 1975 suurimmillaan 18,6 ha ja 25,1 ha. Yritettäessä löytää syitä näiden kahden lautan nousemiseen todettiin alkuperäisen suoalueen olleen varsinaista saranevaa, jonka turvepaksuus oli 1,0-1,5 metriä. Turvelaji oli pienemmän lautan kohdalla saraturvetta ja suuremman kohdalla pinnassa oli sararahkaturvetta ja pohjalla oli 30 cm paksu, hyvin maatonut saraturvekerros. Syntyneiden lauttojen paksuus oli vain puoli metriä. Lauttojen voidaan siis olettaa repeytyneen suurinpiirtein pitkin maatumisrajaa H1-3/H4-6. Turpeiden kuivatilavuuspainokin muuttui tällä kohdin yli kriittisen 0,110 g/cm³ rajan /5/.

1.4 TURVELAUTTOJEN LIIKKEET JA EROOSIO

1.41 Turvelauttojen liikkeet

Pohjasta pintaan nousseet turvelautat saattavat olla osittain pohjassa kiinni, mutta usein tuulen ja aallokon vaikutuksesta ne repeävät irti ja lähtevät ajelehtimaan. Suurilla ja saarettomilla tekojärvilla tuulen vaikutus korostuu. Turvelautat alkavat kerääntyä tietyille vallinneista tuulista riippuville kasautumisalueille. Tuulten ratkaiseva merkitys näkyy siinä, että liikkeet tapahtuvat usein vasten altaalla tapahtuvaa virtausta. Yksittäisten turvelauttojen on todettu kesäisin liikkuvan useita kilometrejä tuulten mukana lyhyes-



Kuva 3. Lokan tekojärvellä tapahtunut turvelauttatilanteen kehitys vuosina 1970-74. Viivoitettut alueet kuvaavat kiinteitä rantoja ja saaria. Turvelautta-alueet on merkitty pisteillä.

säkin ajassa. Tällaiset havainnot on tehty merkittyjen lauttojen avulla. Kuva 3 esittää Lokan tekojärvellä vuosina 1970-1974 tapahtunutta kehitystä turvelauttatilanteessa. Karttaluonnokset on laadittu ilmakuviin ja maastohavaintojen perusteella. Karttaluonnoksista on havaittavissa turvelauttojen selvää vuosien kuluessa tapahtunutta kasautumista neljälle alueelle. Alueella vallinneet tuulet olivat pääasiassa etelän ja lännen puoleisia. Turpeen suuri määrä näillä kasautumisalueilla johtuu tuulen vaikutuksen lisäksi alueiden suojaisuudesta eroosiota vastaan sekä rimpisten ja matalajänteisten aapasoiden esiintymisestä. Kasautumisalueilla voidaan turpeen odottaa viipyvän pitkään /15/.

Suurten turvelauttojen hajoittamisessa voidaan käyttää tuulta hyväksi leikkaamalla lautat ensin palasiksi ja antamalla tuulen sitten hajottaa ne. Tämä edellyttää tietenkin riittävästi tuulen voimakkuutta, mikä on harvinaista varsinkin pienillä tekojärvilla.

1.42 Turvelauttojen eroosio

1.421 Turvelauttojen häviäminen

Pintaan kohonneille turvelautoille tapahtuvista muutoksista on esitetty kaksi luonteeltaan vastakkaista teoriaa. Ruotsalaisen tutkimustoimiston Ab Hydroconsultin mukaan turvelautat hajoavat ja murenevat jään ja aallokon aiheuttaman eroosion takia, jolloin turpeet häviävät noin 10 vuoden kuluessa pinnalta /2/. Tämä koskee lähinnä suuria tekojärviä.

Vastakkaisen professori Ruuhijärven esittämän teorian mukaan turvelautat pysyvät pinnalla niille kehittyvän voimakkaan kasvillisuuden avulla. Toisiaan vasten ajautuvat lautat sitoutuvat kasvillisuuden ja juuristojen avulla toisiinsa muodostaen yhtenäisen lauttaverkon, mistä on seurauksena alaiden pintamyötäistä umpeenkasvua. Lisäksi rehevän kasvillisuuden juuristossa on runsaasti ilmaa, mikä estää lauttojen painumista /15/.

Jälkimmäistä teoriaa tukee muutamilla vanhemilla tekojärvilla (mm. Vissavesi, Kivi- ja Levälampi, Liikapuro ja Kortteenen) tapahtunut kehitys, jossa turvelautat ovat pysyneet jatkuvasti pinnalla ja ovat elävän kasvillisuuden peittämiä. Toisaalta Pohjanmaan suuremmilla tekojärvilla (mm. Venetjoki) ja Lokan tekojärvellä on kuolleiden lauttojen määrä jatkuvasti vähentynyt eroosion vaikutuksesta. Jatkuva kasvillisuuden rehevöitymistä ja kuolemista tapahtuu lähinnä vain sellaisilla lautoilla tai lautan osilla, jotka painuvat syksyisin veden alle ja nousevat kevätkesällä mustina pintaan ja saavat kasvipeitteensä siemenistä tai juurakoiden silmuista. Näiden koossapitävä voima jäänee pieneksi johtuen lyhyestä kasvukaudesta.

1.422 Aaltoeroosio

Turpeen eroosiota aiheuttavia tekijöitä ovat tuulen aiheuttama aallokko, jään vaikutus sen laajetessa ja liikkuesssa, turpeen nousu sekä suhteellisen lyhyt kasvukausi. Aallokko ja jään repivä vaikutus vähentävät turvelauttojen sisältämiä kaasumääriä edistään samalla niiden uppoamista. Turve kuohkeutuu ja rikkoutuu, jolloin turpeen sisältämä kaasu pääsee vapautumaan ja turvelautta menettää kellumiskykyään. Aallokon hajottava vaikutus näkyy lähinnä nousu- ja kasautumisalueiden reunaosissa. Turpeen hajoamista ja uppoamista edistävät usein myös ajopuut, jotka voimakkaassa tuulella hakkaavat lauttojen reunoja. Uljuan tekoaltaalla todettiin louhepenkereen olevan tehokas turvelauttojen pirstoja.

Aaltoeroosio on riippuvainen tuulen voimakkuudesta ja suunnasta, avoimen järven selän leveydestä ja vesisyvyydestä. Laakea ja avoin pinnanmuoto edistävät, saaret ja niemet taas vaikeuttavat tuulen ja aallokon vaikutusta. Ohut turve padotusrajalla mahdollistaa moreeninkin syöpymisen ja mineraalisedimenttien kulkeutumisen turpeen päälle allaspohjalle.

1.423 Jääeroosio

Jään hajottava vaikutus näkyy turvelautoilla pitkinä halkeamina. Kevättalvella saattaa syntyä jäähän railoja, jotka voivat ulottua myös jäätyneeseen turpeeseen. Erityisesti ohutturpeisten niukkakasvuisten rimpilauttojen on todettu olevan alttiita jään pristoamiselle. Turvelautat voivat siten muodostua jäälauttojen näköisiksi. Tällaisia teräväkulmaisia turvelauttoja havaittiin runsaasti kesinä 1972 ja 1973 Posoaavan rimpialueilla Lokan tekojärvellä /15/.

Syksyllä jäätymishetkestä alkaen tapahtuvan säännöstelystä johtuvan vedenpinnan alenemisen aikana jää kuormittaa rantoja. Tämä aiheuttaa paikallisia rantavyöhykkeiden rikkoontumisia, mutta ei aiheuta puristusta ja siitä syntyviä vallejia. Jää voi kuitenkin katkoa ja karsia rannalla olevia puita. Rantavyöhykkeessä voivat ylimmät turvekerrokset irtautua ja jauhautua joutuen kesällä aallokolle alttiiksi. Kun vedenpinta kevättalvella laskee, painaa jää myös vedenpinnan yläpuolelle jääviä alueita. Tällöin turve joutuu puristukseen ja siinä oleva kaasu poistuu ainakin osittain. Tämä pienentää nousuriskiä.

Kaasujen poistuminen voidaan todeta kairaamalla reikä turvekerrokseen ja raapaisemalla tulitikku reiän lähellä, jolloin kaasu palaa pitkällä liekillä, Toisaalta, jos altaan vedenpintaa nostetaan kevättulvien aikana nopeasti, voi vedenpinnan yläpuolelle jäänyt mahdollisesti jäänytynyt turve nousta veden nousun myötä ylös.

1.424 Turpeen nousun vaikutus veden laatuun

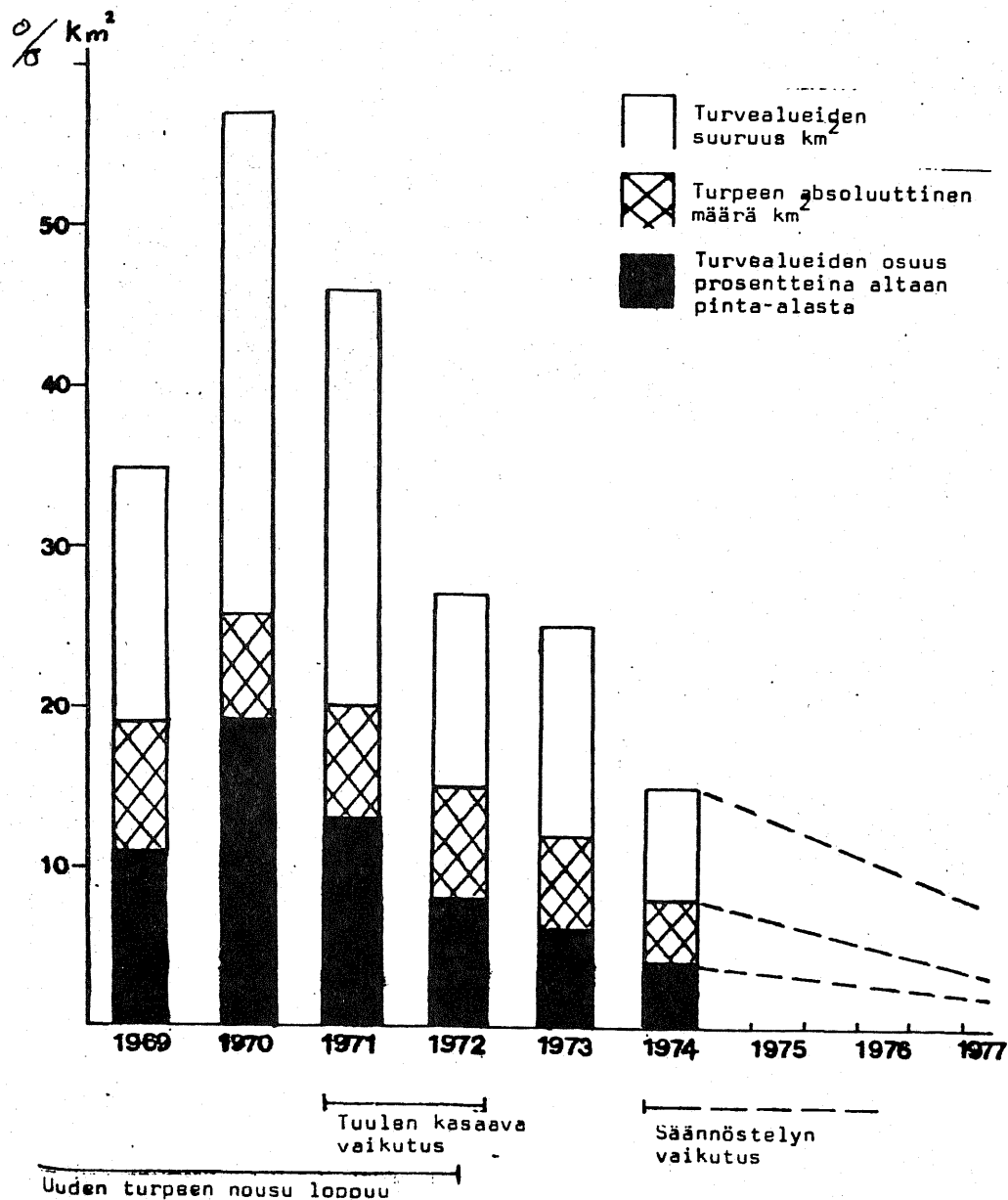
Turpeen nousu on suuri eroosiotekijä suoranaisten haittansa lisäksi. Kun turvealue nousee pintaan, jää pohjalle usein hyvin maaton avoin turvekerros, joka on alttiina veden vaikutukselle. Nousseella ja pohjalla olevalla turpeella on veden laatuun nähden lähinnä humusta lisäävä vaikutus. Turvepohjasta ja turvelautasta irtautuu turveainesta, joka saattaa heikkojenkin virtausten mukana kulkeutua kauas lähitöpaikaltaan. Turvelautan alapinta on myös eroosiolle alttiina /6/.

Edellä esitetystä taulukosta 4 (sivu 10) käy ilmi eroosion vaikutus turvelauttoihin. Taulukossa 4 esitetyt lautat ohenevat vuonna 1971 20-28 cm eroosion vaikutuksesta.

1.425 Eroosio Lokan tekojärvellä

Lokan tekojärvellä on todettu, ettei suotyypillä ja turvelajilla ole suurta merkitystä lauttojen hajoamisessa. Lauttojen suotyypeistä rimpinevojen osuus on vähentynyt eniten, mutta niiden sijainti oli myös eroosiolle altteinta. Altaan keskiosissa on turpeen vähenemistä tapahtunut kauttaaltaan suotyypistä riippumatta. Suojaisilla alueilla on havaittu paksuturpeisten nevakorpilauttojen ja saranevalauttojen suhteellisen osuuden lisääntyneen. Tämä johtuu siitä, että paksut ja lujat lautat, joilla on rehevä kasvillisuus, ovat ajautuneet tuulten mukana rantojen läheisyyteen.

Kuvassa 4 on esitetty Lokan tekojärvellä turpeen ja turvealueiden pinta-ala ja osuus altaan pinta-alasta vuosina 1969-1974 ilmakuviin ja maastohavaintojen mukaan /15/. Vuoden 1969 luku 35 km² on Ab Hydroconsultin raportista. Lokan allas saavutti suunnitellun veden pinnan vuonna 1971, jolloin tuulet pääsivät vaikuttamaan. Kuvasta näkyy tuulten lauttoja kasaava vaikutus vuosina 1971-72 sekä säännöstelyn vaikutus lautta-alueiden kokoon vuonna 1974. Vedenpinnan lasku näkyy lautta-alueiden huomattavana pienenemisenä, koska altaan vesiala pienenee ja osa lautoista jää kuivalle maalle. Yleensä ne kuitenkin nousevat uudelleen pintaan vedenpintaa jälleen nostettaessa.



Kuva 4. Turpeen ja turvealueiden pinta-ala ja osuus altaan pinta-alasta vuosina 1969-74 ilmakuviin mukaan sekä ennuste lähivuosien kehitykseksi.

2. TURVELAUTTOJEN AIHEUTTAMAT HAITAT

2.1 VESILIIKENNE

Turvelauttojen runsas esiintyminen on tullut ongelmaksi useilla tekojärvilla. Turvelautat haittaavat vesillä liikkumista tukkimalla vene- ja jokiväyliä sekä rantautumiskohtia. Tuulen mukana ajolehtivät lautat muodostavat esteitä mm. kapeikkoihin ja kasaantumisalueille. Varsinkin säännöstelyn alarajalla

väylät tukkeutuvat helposti turvelauttojen tarttuessa rantoihin tai pohjaan. Vesiliikenne saattaa vaikeutua niin, että se on mahdollista vain kapeita ja mutkittavia uomia pitkin. Tällaisilla alueilla liikkumisessa ei aina hyvä paikallistuntemuskaan riitä, sillä irtonaiset lautat saattavat vaihtaa paikkaa tuulien mukana.

Vuonna 1974 Lokan tekojärvellä Luirojoen suussa eräs 5 ha:n turvelautta ajautui jokisuuhun ja ajelehti vastavirtaan noin 2 kilometriä, kunnes juuttui kiinni. Kulku Luirolle onnistui vain pienveneellä vetämällä vene lautan yli. Lauttaan avattiin Kemijoki Oy:n toimesta lapioilla ja justeerilla noin metrin levyinen väylä, joka kuitenkin tukkeutui muutaman päivän kuluttua. Seuraavana talvena lautta naveroitiin ja vasta seuraavana syksynä voimakas syysmyrsky avasi väylän.

2.2 VOIMATALOUS

Ajelehtivat turvelautat voivat haitata myös voimalaitosten toimintaa. Uljuan tekojärvellä Pulkkilassa on turvelauttoja jouduttu hinaamaan voimalaitoksen syöttökanavan läheisyydestä matalille rannoille tai nostettu kaivinkoneella padon yli. Syöttökanava on suojattu puomilla, mutta myös vedenpinnan alla kulkevia turvelauttoja on havaittu.

2.3 KALASTUS

Turvelautat eivät yleensä aiheuta esteitä kalan liikkumiselle, mutta pyyntivälineisiin ja pyyntiin niillä on haitallinen vaikutus. Edellä mainittu Luirojoen suuhun juuttunut lautta vaikeutti kuitenkin myös kalojen liikkumista, sillä lautan yläjuoksun puoleiseen päähän muodostui todellinen kalasumppu. Pohjanmaan ja Lapin tekojärvissä on todettu ajelehtivien turvelauttojen vieneen verkkoja ja rikkoneen kätiskoita. Pyyntivälineissä on usein tavattu turpeen palasia tai muuta roskaa. Lisäksi turvelautat rajoittavat liikkumista ja pienentävät kalastusalueita. Rannalta tapahtuva kalastus on monin paikoin mahdotonta pohjaan jääneiden puiden, risujen ja kantojen sekä rantaan kasautuneiden hyllyvien lauttojen takia. Pohjaverkkokalastus useimmilla altailla on mahdollista suhteellisen rajoitetuilla alueilla, kuten entisten jokien ja järvien kohdalla, pelloilla ja puuttomilla soilla, joilla turve ei ole noussut pintaan. Talveksi pintaan jääneet turvelautat ja säännöstely haittaavat talvikalastusta avantojen teon ollessa vaikeaa.

Turvelautat voivat vaikuttaa veden laatuun haitaten hapen liukenemista veteen ja lisäten happikadon mahdollisuutta /8/.

Toisaalta turvepohja ja pintaan nousseiden lauttojen alapuoli tarjoaa kaloille runsaan ravinnon varsinkin ensimmäisinä patoamisen jälkeisinä vuosina.

Pohjanmaan tekojärvillä harjoitettu kalastus on luonteeltaan kotitarve- ja virkistyskalastusta. Vuonna 1970 kalasti Pohjanmaan tekojärvillä yli 1500 henkilöä, joista noin 60 % oli kotitarve- ja 40 % virkistyskalastajia. Kalanpyydyksiä oli tiedusteluvuonna käytössä seuraavasti: verkkoja 1100 kpl, katis-koja 1150 kpl, uistimia yli 100 kpl, pitkäsiimoja 70 kpl ja runsaasti erilaisia koukkupyydyksiä. Soutuveneitä oli noin 200 kpl ja moottoriveneitä 60 kpl. Pohjanmaan vanhemmilla tekojärvillä (6 kpl, 4150 ha) oli vuotuinen kalansaalis keskimäärin 9 kg/ha /22/.

2.4 VIRKISTYSKÄYTTÖ

Loma-asutuksen sijoittumiseen tekojärven ympäristöön ja järven virkistyskäyttöön vaikuttavat ainakin seuraavat vesistön ominaisuudet; veden ja pohjan laatu, rantojen syvyys, vedenkorkeuden pysyvyys kesällä, rantojen siisteys ja muut maisemaesteettiset tekijät. Tarkasteltaessa turvelauttojen vaikutusta tekojärvien virkistyskäyttöön on todettava, että niistä on enemmän haittaa kuin hyötyä. Turvelautoille ei ehkä ole kovin-kaan haitallista vaikutusta veden laatuun virkistyskäytön kannalta, mutta useimpien tekojärvien pohjan ja rantojen laatu on varsin epämiellyttävä uintia ja rannallaoloa ajatellen. Raivatuillakin ranta-alueilla voi olla risuja ja kantoja sekä kelluvia turvelauttoja, jotka estävät veteen menon. Turvelautat asettavat veneilylle tiettyjä rajoituksia. Soutu- ja kanoottiretket kärsivät myös turvelautoista, mutta ne voivat olla joidenkin mielestä mielenkiintoisiksi erilaisen ympäristönsä vuoksi. Myös vesilintujen tarkkailu ja sorsastus koetaan monilla tekojärvillä mielekkääksi virkistysmuodoksi. Turvelautathan tarjoavat ravinnon ja suojan monille lintulajeille. Tekojärvien virkistyskäytön määrä riippuu niiden ympärillä olevasta kiinteästä asutuksesta. Syrjässä sijaitsevat tekojärvet ovat varsin vähän käytettyjä eri virkistysmuotoihin. Lapin tekojärvissä on virkistyskalastus käytetyin virkistysmuoto. Asutuilla seuduilla sijaitsevien tekojärvien käytetyimmät virkistysmuodot ovat kalastus, uinti ja veneily. Nämä tulisi ottaa huomioon suunniteltaessa tekojärvialueen rakentamista ja kunnossapitoa.

2.5 MAISEMALLISET VAIKUTUKSET

Tekoaltaiden virkistyskäyttöön vaikuttavat läheisesti altaiden rakentamisesta aiheutuneet maisemalliset muutokset. Koska tekojärvet ovat usein padottu pääosiltaan suo- ja metsämaille, on tämä merkinnyt allasseuduille ympäristön perusteellista muuttumista ja samalla useiden maisemaongelmien syntymistä. Vesioikeuksien antamissa tekojärven rakentamisen lupapäätöksissä on yleensä edellytetty allasalueiden täydellistä raivausta eli tulevien järvien pohjalta on määrätty poistettavaksi rakennelmat, puut, pensaat yms. Näitä toimenpiteitä ei kuitenkaan ole täydellisinä suoritettu kaikilla altailla. Rai-

vaamattomat altaat ovat maisemallisesti rumia, sillä raivaamatta jätetty metsä (Lokka ja Porttipahta), sekä pienet puut ja pensaat (Kivi- ja Levälampi, Liikapuro, Vissavesi, Vähä-Lamu, Kortteinen, Uljua, Haapajärvi) eivät ole kaunistta katseltavaa. Rumannäköisiä ovat myös vesirajan tuntumassa ja mustilla turvelautoilla oleva kuollut, mätänevä pintakasvillisuus. Rannoille ajautuu lisäksi erosioitunutta turvemassaa, joka aallokon vaikutuksesta sekoittuu rantaveeteen turveliemeksi.

Useilla tekojärvillä turvelautat ovat maisemallisesti merkittäviä tekijöitä. Turvelautat pilaavat räikeästi maisemaa, jos niillä on kituliasta tai kuollutta, mustaa kasvillisuutta tai pystyssä törröttäviä puita ja pensaita. Paikallaan pysyvät, rehevän sara- ym. -kasvillisuuden peittämät elävät turvelautat voivat näyttää niittysaarten kaltaisilta muodotumilta, jotka parhaillaan sulautuvat rikkeettömästi maisemaan. Elävillä turvelautoilla ja kelluvilla nevarannoilla on kiinteisiin rantoihin nähden etuna vedenpinnan pysyminen kutakuinkin vakiotasossa, mikä luo edellytykset korkeamman suo-, ranta- ja vesikasvillisuuden toimeentulolle.

Tekojärven maiseman arvostelussa on huomioitava luontaisen kehityksen merkitys. Turvelauttojen osalta on todettu luonnon oman työn muokkaavan maisemia paremmiksi kuolleiden lauttojen hävitessä hajoamisen tai elävällä kasvillisuudella peittymisen takia.

2.6 VEDEN LAADUSSA TAPAHTUVAT MUUTOKSET

Tekojärvien veden peruslaatu määräytyy suurimmaksi osaksi samojen tekijöiden vaikutuksesta kuin yleensäkin järvien veden laatu. Veden laatuun vaikuttavat lähinnä valuma-alueen koko ja maaperän laatu. Tämän lisäksi altaiden sisäisillä tekijöillä on normaaleihin järviin verrattuna huomattavasti suurempi merkitys. Näitä tekijöitä ovat allaspohjan laatu ja erityisesti eloperäisten maiden määrä, turvelauttojen määrä, altaan ikä, veden viipymä altaassa ja säännöstelytapa. Mitä pienempi on altaan valuma-alue ja mitä pidempi on viipymä altaassa, sitä enemmän altaan pohja vaikuttaa veden laatuun.

Tekojärven vesi on aluksi hyvin huonolaatuista, koska altaiden alle jääneiltä maa-alueilta liukenee veteen hyvin runsaasti orgaanisia aineita, jotka muodostavat hajottajaorganismeille runsaan ravintolähteen. Myös allaspohjasta erottuu runsaasti ravinteita veteen. Veteen liuennut happi kuluu nopeasti varsinkin alkuaikoina hajottajaorganismien toimintaan ja orgaanisen aineen mineralisointiin. Tämä johtaa usein happikatoon talvella jääpeitteen aikana, jolloin vesi on alimmillaan. Hapettomuudesta seuraa veden voimakas happamuus, joka taas edistää altaan pohjalta raudan ja fosforin liukenemista veteen.

Veden väriä ja KMnO_4 -kulutusta käytetään veden humuspitoisen orgaanisen aineksen mittana. Suomen vesistöistä suurimmat väriarvot ovat Pohjanmaalla, jossa ne ovat keskimäärin 180 mg Pt/l /5/. Pohjanmaan tekojärvissä värin arvot ovat keskimäärin 200 mg Pt/l. Tekojärvissä värin arvon suuruus riippuu pääasiassa tekojärven pohjalle jääneestä ja pinnalla kelluvasta turvemäärästä sekä valuma-alueen maaperästä. Turpeesta huuhtoutuu alussa huomattavia määriä humusaineita, mutta vähitellen huuhtoutuminen tasaantuu. Eräs välittömästi humuksen lisääntymiseen ja samalla väriarvojen kasvuun merkittävästi vaikuttava tekijä on turvelauttojen repeäminen altaan pohjasta. Mikäli altaaseen jää kellumaan huomattava määrä turvelauttoja, niin niistä huuhtoutuu veteen selvästi enemmän orgaanista ainesta kuin pohjaan painuneesta turpeesta. Tästä on seurauksena se, että veden laatu on huonompi kuin sellaisissa altaissa, missä turve on pysynyt pohjassa tai painunut pohjaan.

Verrattaessa vuonna 1967 kolmea tekojärveä Varpulaa, Venetjärveä ja Vissavettä toisiinsa havaittiin veden värin ja KMnO_4 -kulutuksen perusteella, että Vissaveden vedessä oli selvästi enemmän humusaineita kuin kahdessa muussa. Näistä tekojärvistä Vissavesi oli sellainen, jonka pinnalla kellui huomattavan suuria turvelauttoja. Muissa altaissa turve oli sensijaan painunut lähes kokonaan pohjaan.

Taulukossa 8 on esitetty kahden eri vuosijakson, patoamista edeltävän 1962-66 ja patoamisen jälkeisen 1967-70, aikana vedessä tapahtuneet muutokset Lokan tekojärvellä purkautumiskohdassa /2/.

Taulukko 8. Lokan tekojärven veden laatu purkautumiskohdassa ennen ja jälkeen patoamisen.

Veden laatu	1962-66	1967-70	Ero
pH	6,7	6,4	- 0,4
KMO_4	35	54	+ 19
Väri	61	127	+ 66
Epäorg. susp.	2,7	1,9	- 0,8
Org. susp.	2,5	4,0	+ 1,5
Na + Ca + Mg	4,6	5,6	+ 1,0
Cl + SO_4 + HCO_3	22,0	20,8	- 1,2
Fe	0,8	2,7	+ 1,9
μS	42	25	- 17
Na	1,2	1,3	+ 0,1
K	0,6	1,0	+ 0,4
Ca	2,4	2,5	+ 0,1
Mg	0,5	0,8	+ 0,3
Cl	3,0	2,6	- 0,4
SO_4	1,1	0,5	- 0,6
HCO_3	18,0	17,0	- 0,3

Taulukosta nähdään, että sekä veden väri että liuenneen suspendoituneen orgaanisen aineksen määrä on kasvanut. Myös positiivisten ionien määrä on noussut. Syynä näihin muutoksiin on humusaineiden ja suolojen huuhtoutuminen kovien maiden podsolikerroksesta ja turvemaista. Liuenneiden ionien kohdalla kalium on kasvanut eniten, sillä sitä on maasta huuhtoutumisen lisäksi vapautunut puun jätteitä poltettaessa.

3. TURVELAUTTOJEN POISTAMIS- MENETELMÄT

3.1 TURVELAUTTOJEN NOUSUN TORJUNTA ENNAKOLTA

3.11 Suo - ja turvetutkimus

Tekojärven rakentamisvaiheessa suoritettavat turpeen nousun ennalta ehkäisevät toimenpiteet on pystyttävä suurten pintaalojen takia rajaamaan niille alueille, joilla turpeen nousu on todennäköistä. Koko allasaluetta koskevat toimenpiteet ovat ainakin suurilla altailla kustannussyistä epätaloudellisia toteuttaa. Siksi on tärkeää kartoittaa allasalueelta sellaiset turvemaat, jotka ominaisuuksiensa puolesta aiheuttavat riskin turvelauttojen pintaan nousulle vesittämisen jälkeen. Tällaisia tekojärvien suo- ja turvetutkimuksia on tehty mm. Lokan, Porttipahdan, Uljuan, Hirvijärven ja Kyrkösjärven tekojärvillä /6, 17, 20/. Näistä vain kolmella viimeksi mainitulla on tehty turpeen nousua ehkäiseviä kokeita ennen vedennostoa.

Suo- ja turvetutkimuksissa selvitetään allaspohjan laatu ja ominaisuudet suoalueiden osalta. Kenttätutkimusten perusteella määritellään suoalueiden laajuus ja turvekerrosten paksuus sekä turvemassojen määrä. Laboratoriotutkimuksissa analysoidaan turvenäytteiden niitä fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, joilla on merkitystä turpeen nousun sekä veden laadun muutosten kannalta. Erityisen tarkasti tutkitaan turvetekijät, jotka määräytyvät turvetta muodostaneiden kasvien mukaan. Näiden lisäksi ennusteeseen vaikuttavat suon rimpisyys, jänteisyys, hyllyvyys sekä syvyys ja kerroksellisuus.

Näiden tekijöiden perusteella lasketaan kullekin näytteen ottopaikalle nousuherkyyttä kuvaava ennustearvo ja määritellään irtautuvan turpeen paksuus. Nousuherkyyden mukaan ennuste jakautuu riskiryhmiin, jotka kuvaavat turpeen nousun todennäköisyyttä altaan eri osissa. Tämän todennäköisyysjakautuman tunteminen on tärkeää, jotta voitaisiin suunnitella turpeen nousua ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä tekojärven rakentamisvaiheessa.

Suunnitteilla olevan Kemihaaran altaan turvetutkimuksessa käytettiin kolmea tekijää, joiden perusteella riskiryhmät määriteltiin. Ensimmäisenä tarkastelukohteena oli turvelajin turvetekijät, jotka pisteytettiin siten, että B- ja EuS-tt:n lukuarvo oli 1, C-tt:n 2 ja S-tt:n ja L-tt:n 3. Isorimpisen ja hyllyvän suon lukuarvo oli 1, keskisuuririmpisen ja upottavan suon 2 ja rimmettömän 3. Selvä turpeen repeämistä enteilevä kerroksellisuus liittyneenä tavallisesti yli 2 m syvyyteen oli lukuarvoltaan 1. Alle 1 m turvesyvyys ilman heikosti maatunutta turvekerrosta oli lukuarvoltaan 3.

Mainittujen kolmen lukuarvon summan arvon ollessa 3-4 laskettiin näytesarja riskiryhmään 1, summan ollessa 5-6 riskiryhmään 2, summan ollessa 7-8 riskiryhmään 3 ja summan ollessa 9 riskiryhmään 4 eli sen ei katsota kuuluvan nousevaan turvemassaan. Märkätilavuuspainon ollessa alle 1 laskettiin turve riskiryhmään 1. Tällaisia näytteitä tavattiin ojitusalueilta johtuen turpeen kuivumisesta ojituksen vaikutuksesta /6/.

3.12 Turpeen poisto

3.212 Turpeen nosto

Tekojärvillä suoritettavat turpeeseen kohdistuvat toimenpiteet ovat luonteeltaan kaksitahoisia. Niillä joko poistetaan turvetta tekojärvialueelta tai pyritään hävittämään turvelautat upottamalla tai hajottamalla.

Tehokkain turpeen nousun ennalta ehkäisevä toimenpide on turpeen poisto ennen altaan vesittämistä. Sen on kuitenkin liityttävä polttoturpeen tuotantoon ollakseen mielekäästä. Kaikki tekojärvialueet eivät sovellu turvetuotantoalueiksi, sillä suon kelpoisuuden tulee täyttää tietyt edellytykset. Turpeen paksuuden tulisi olla yli 2 m ja pohjamaan kivetön. Suurtuotannossa, joka tulee kyseeseen tekojärvialueilla, olisi suon pinta-alan oltava vähintään 100 ha. Pienyrittäjä sensijaan voi nostaa turvetta taloudellisesti 10 ha:n suolta. Turvetuotantoalueen on sijaittava lähellä kulutuskeskusta, sillä esimerkiksi jyrshinturpeen kuljetus rautateitse noin 200 km maksaa 10-15 mk/mWh, kun turpeen hinta suolla kuormattuna on 25 mk/mWh. Kannottoman suon kunnostaminen tuotantokelpoiseksi maksaa tavallisesti noin 3 000 mk/ha, mutta runsaskuntoisen suon raivaus saattaa nousta yli 10 000 markan hehtaarilta. Esimerkiksi Suuren Venenevan suoalueen (435 ha) kunnostaminen Turveruukki Oy:n laatiman kustannusarvion mukaan maksaisi n. 7 400 mk/ha. Kustannusarvion mukaan peruskuivatus ja tieyhteydet turvealueille huomioituna maksaisi koko Niskajärven tekojärvialueen turvetuotantoon sopivan suon (555 ha) kunnostaminen n. 12 700 mk/ha.

Suon kunnostus käsittää ojituksen, raivauksen ja sarkojen profiloinnin. Ojituksen tavoitteena on alentaa pohjavedenpintaa siten, että saran keskelläkin veden kapillaarinen nousu kentän pintaan saadaan ehkäistyksi. Vetisen aukean suon ojittami-

nen turpeentuotantoon kestää 3-5 vuotta. Raivauksella tarkoitetaan suon pinnalla olevan puuston, varvuston ja pintasamalen sekä pintakerrostumassa olevien kantojen ja liekojen poistamista.

Turpeen tuotannossa valmistetaan tuotantoon kunnostetusta turvekerrostumasta käytön kannalta kosteudeltaan ja muodoltaan sopiva turvetuote. Pääasiallisesti käytetään kahta menetelmää; jyrsinturvementelmää ja palaturvemenetelmää. Nämä menetelmät jakaantuvat vielä useisiin kokoamismenetelmiin, joita ovat kokoojavaunu-, karheensiirto- ja hakumenetelmä sekä erilaiset palaturpeen nostokoneet.

Turpeen koostumuksella ja erityisesti sen maatumisasteella on merkittävä vaikutus turpeen ominaisuuksiin polttoaineena. Turpeen lämpöarvo riippuu lähinnä maatumisasteesta siten, että lämpöarvo kasvaa jyrkästi maatumisasteen kasvaessa. Asiaan vaikuttaa vielä turpeen koostumus siten, että heikoimmalla polttoturvelajilla, vähän maatuneella rahkalla on paitsi alhaisin lämpöarvo kiloa kohden myös suuri vedenimukyky. Tämän johdosta sitä tuotetaan monta prosenttiyksikköä kosteampana kuin esimerkiksi saraturvetta. Koska turpeen nosto- ja kuljetuskustannukset riippuvat kuutiomäärästä eikä polttoarvosta, on selvää, että turpeen laatu vaikuttaa erittäin voimakkaasti turpeesta saatavan energian hintaan.

Turveteollisuuden riippuvuus ilmasto-olosuhteista rajoittaa turvetuotannon Kemijärvi-Pello-linjan eteläpuolelle. Tämä ei kuitenkaan ole ehdoton este turpeen hyötykäytölle pohjoisempanakin.

Suomessa tapahtunut siirtyminen koneurakointiin ja aliurakointiin on merkittävästi alentanut kustannustasoa. Kun kilpailevien ulkomaisten polttoaineiden hinnat turpeeseen verrattuna aivan ilmeisesti nousevat, tulevat turpeen käyttömahdollisuudet yhä paranemaan.

Turvetuotannon liittämällä tekojärvisuunnitelmaan voidaan saavuttaa monia etuja tulevan tekojärven tilaa ja kansantaloudellista toimintaa ajatellen. Turpeen nostamiseksi tarvittavat kunnostustyöt voidaan sovittaa yhteen tekoaltaan rakentamiseen liittyvien raivaus- ja tiejärjestelyjen kanssa. Samoin allasalueen maankäytöstä ja lunastuksista voidaan sopia samanaikaisesti. Turvetuotannosta saatava hyöty on huomattava, sillä on laskettu, että esimerkiksi suunnitellun Niskajärven tekojärven turvetuotantoalueelta (555 ha) voitaisiin tuottaa vuodessa n. 250 000 m³ polttoturvetta, joka korvaisi n. 25 000 tn tuontiöljyä vuodessa (vastaa n. 15 milj. markan valuuttasäästöä vuodessa). Merkittävänä hyötynäkökohtana on myös turpeen poiston tuoma tekojärven säännöstelytilavuuden lisääntyminen. Niskajärven tekojärvellä säännöstelytilavuus kaksinkertaistuisi, jos suunniteltu turpeen poisto tehtäisiin. Lisääntynyt varastotilavuus voidaan tarpeen vaatiessa käyttää kesäaikaisten alivirtaamien lisäämiseen. Edelleen turvevarojen poistamisella voidaan parantaa tekojärven veden laatua ja vähentää merkittävästi turvelauttojen syntymahdollisuutta.

Turvetuotantoa jatketaan tavallisesti niin kauan, että pohjalle jää n. 25 cm turvekerros riippuen pohjamaan kivisyydestä. Jäljelle jäävä turvekerros on usein hyvin maatunutta ja sen tilavuuspaino on suurempi kuin 1, joten se ei todennäköisesti nouse pintaan vesittäamisen jälkeen. Turvelauttojen muodostuminen rajoittuu näin ollen niille alueille, jotka eivät ole sopivia turvetuotantoon, mutta ovat alttiita turpeen nousulle.

Turve voidaan myös kuljettaa tekojärvialueen ulkopuolelle sopivalle tasanteelle suureksi penkereeksi. Kosteaa turpeen läjityksessä ei ole palovaaraa. Kun turve on tällaiseen kasaan saatu, se voidaan vähitellen käyttää joko polttoturpeena tai johonkin muuhun tarkoitukseen. Jyrsinturvetta on tällaisilta penkereiltä voitu nostaa märkinäkin vuosina ja yleensä kaksi kertaa enemmän kuin normaalilta kentiltä (Muotiala).

Turpeen nosto turvelauttojen muodostumisen ennalta ehkäisevänä toimenpiteenä on varma menetelmä. Lisäksi turpeen käyttö polttoturvetuotantoon tuo välillisesti kustannussäästöjä. Turpeen nosto polttoturvetuotantoon ei ole kuitenkaan yleispätevä menetelmä turvelauttojen nousun ehkäisemiseksi, sillä se vaatii tietyt edellytykset, joita eivät suinkaan kaikki tekojärvialueet täytä.

3.122 Turpeen muu käyttö

Ennen varsinaisen polttoturpeen nostamista voidaan turpeen pintaosa nostaa kasvuturpeeksi. Kasvuturpeeksi kelpaa ainoastaan vaalea rahkaturve (*Sphagnum acutifolia*). Käytännössä tämä rajoittaa kasvuturpeen nostamisen tietyille alueille, joilta ei välttämättä nosteta polttoturvetta. Turpeen pintaosan poistaminen pienentää nousuriskiä, sillä heikosti maatunut turve tuottaa eniten kaasua ja on tilavuuspainoltaan lähellä arvoa 1. Kasvuturve voitaisiin ottaa niiltä tarkoitukseen soveltuvilta alueilta, joilla turpeen nousu on todennäköinen.

Turvetta voidaan käyttää myös vesiensuojelussa ja puhdistuksessa. Turvetta käyttämällä on mahdollista poistaa vedestä mm. öljyä, liuotinaineita, rasvoja, proteiineja, raskaita metalli-ioneja, detergenttejä sekä väriaineita. Jätevesien puhdistuksessa turvetta käytetään ensisijaisesti mekaanisena ja biologisena suodattimena, pinta-aktiivisena aineena, kationinvaihtajana sekä veden pidättäjänä. Näihin tarkoituksiin turvetta ei kuitenkaan toistaiseksi käytetä laajassa mitassa.

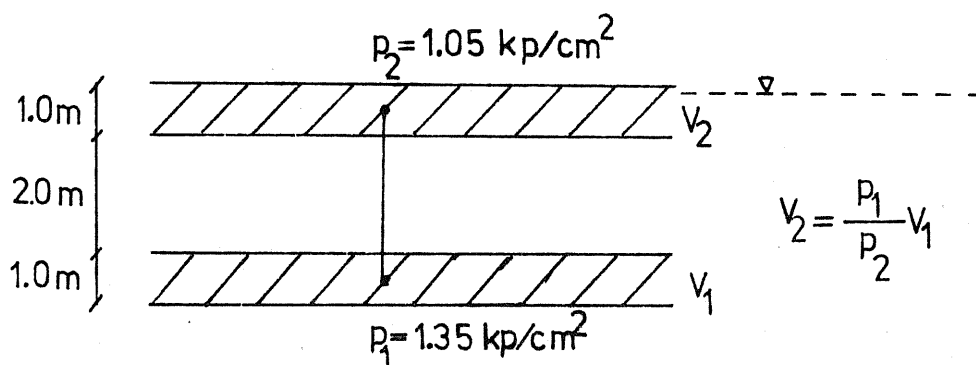
Tekojärvialueella ja muuallakin turve soveltuu ympäristön ja penkereiden muotoiluun ja suojaukseen sekä nurmen kasvualustaksi. Käyttämällä turvetta maisemointiin voidaan parantaa varsinkin virkistyskäyttöön tarkoitettujen tekojärven ympäristöä ja käyttöä. Esimerkiksi Uljuan tekoaltaalla on patojen luiskat vuorattu altaasta nostetulla turpeella, jolloin patopenkereet on saatu maisemallisesti luonnollisemman näköisiksi.

3.13 P a i n o t u s

Painotuksella tarkoitetaan sellaista turpeeseen tai nousseen turvelauttaan kohdistuvaa toimenpidettä, jolla pyritään joko estämään turpeen nousu tai upottamaan kelluva turvelautta.

Tekojärven rakentamisvaiheessa voidaan käyttää ennalta ehkäisevää turpeen painotusta. Turvelautan muodostuminen pyritään estämään levittämällä turpeen päälle kerros kivennäismaata siten, että sen paino riittäisi lisäämään turpeen painoa niin paljon kuin on tarpeen turpeen sisäisten kaasujen ja nosteen aiheuttaman nostovoiman voittamiseksi. Tämän nostovoiman suuruuden määrittäminen on vaikeaa, sillä se riippuu monesta eri tekijästä. Siihen vaikuttavat turpeen maatusaste (kaasumäärä), turpeen kerroksellisuus, turvelaji, turvekerroksen paksuus sekä lämpötila- ja paineolosuhteet.

Seuraavassa tarkastellaan teoreettisesti turpeen pohjassa pitämiseksi tarvittavan painomäärän arvioimista oletettujen paineolosuhteiden perusteella. Kun tarkastellaan esimerkiksi 3 m:n syvyydessä olevaa 1 m:n paksuista turvekerrosta, voidaan todeta, että pohjalla olevassa turpeessa vallitseva paine on keskimäärin 1.35 kp/cm^2 (kuva 5).



Kuva 5. Paineen vaikutus kaasun tilavuuteen Boylen lain mukaan.

Oletetaan, että turve nousee pintaan, jolloin siinä vallitseva keskimääräinen paine laskee arvoon 1.05 kp/cm^2 . Tällöin lähtötilanteessa oleva kaasun tilavuus V_1 laajenee arvoon V_2 . Jos lämpötila muuttuu 10°C :sta 22°C :een, on V_2 Boylen lain mukaan $V_2 = \frac{p_1}{p_2} \frac{T_2}{T_1} V_1 = 1.34 V_1$. Näin ollen turvelautta pintaan noustessaan $\frac{p_1}{p_2} \frac{T_2}{T_1}$ ole tasapainossa, vaan sitä kantavat voimat ovat huomattavasti suurempia kuin mitä tasapainotilanteen syrjäyttäminen edellytti lautan sijaitessa järven pohjassa. Kaasun lämpeneminen pinnassa vaikuttaa myös osaltaan näihin kantaviin voimiin. Lautta kelluu lämpimänä aikana huomattavasti ylempänä kuin syksyllä kylmän veden aikaan. Kohdan 3.262 mukaan on teoreettisesti laskettu, että 75 kg:n paino neliömetrille on riittävä upottamaan 1 m:n paksuisen turvelautan. Tämän perusteella olisi turpeen pohjassa pitämiseksi

tarvittava paino $75 \text{ kg/m}^2 / 1.34 = 56.0 \text{ kg/m}^2$. Käytännössä painotuksen ei tarvitse olla näin suuri, sillä turpeen nousua vastustaa myös sen sitoutuminen alempiin turvekerroksiin. Mitä suurempi on tuleva vesisyvyys painotettavalla alueella sitä vähemmän ennalta ehkäisevää painotusta tarvitaan.

Painotusmateriaalina voidaan käyttää hiekkaa, soraa, moreenia tai kiviä. Näistä hiekka on levityksen kannalta sopivinta, sillä painotustyöt tehdään tavallisesti talvella ja silloin hiekka on helpoimmin haluttuun paksuuteen työstettävä materiaali. Toisaalta soramoreenilla on suurempi tilavuuspaino kuin hiekalla ja lisäksi turpeesta vapautuvat kaasut läpäisevät karkeamman materiaalin helpommin kuin hienorakeisen. Painotusmateriaalin valintaan vaikuttavat lähinnä materiaalin saataavuus, hinta ja kuljetusetaisyys. Painotettavia turvealueita voidaan käyttää mineraali- ja hukkamaiden läjitysalueina.

Seinäjoen läheisyydessä sijaitsevilla Kyrkösjärven säännöstelyaltaalla tehtiin vuonna 1981 painotustöitä niillä alueilla, jotka todennäköisimmin nousisivat veden noston jälkeen. Nämä alueet kartoitettiin turvetutkimuksen ja nousuennusteen perusteella. Turvepaksuus vaihtelee alueella 0,5-2,0 m, vallitsevina turvelajeina on rahka- ja saraturve, joiden maatumisaste on pintaosissa H1-H3 ja syvemmillä H4-H6.

Painotustyö tehtiin talvella, sillä painotettavalla alueella ei voinut ajaa kesäaikaan raskailla ajoneuvoilla. Talvella suon kantavuus ei ollut riittävä, vaan painotettavaa aluetta ja teitä täytyi vahvistaa tiivistämällä ja vedellä jäädyttämällä. Painotusmateriaalina käytettiin moreenin ottopaikoilta saatua hukkamaata, jonka raekoko vaihteli 0-50 cm. Materiaalin kuljetus tapahtui kuorma-autoilla 1,5 km:n ja 3,5 km:n etäisyydeltä ja se levitettiin leveätelaisella puskutraktorilla yhtenäiseksi matoksi. Painotuskerros pyrittiin saamaan 0,5 m:n vahvuiseksi, mutta johtuen materiaalin epähomogeenisuudesta se vaihteli huomattavasti. Painotusmateriaalin määrä oli keskimäärin $5\,000 \text{ m}^3$ i td/ha. Kokonaiskustannukset painotustyössä nousivat 40 000 mk/ha. Painotetun alueen pinta-ala oli yhteensä 30 ha.

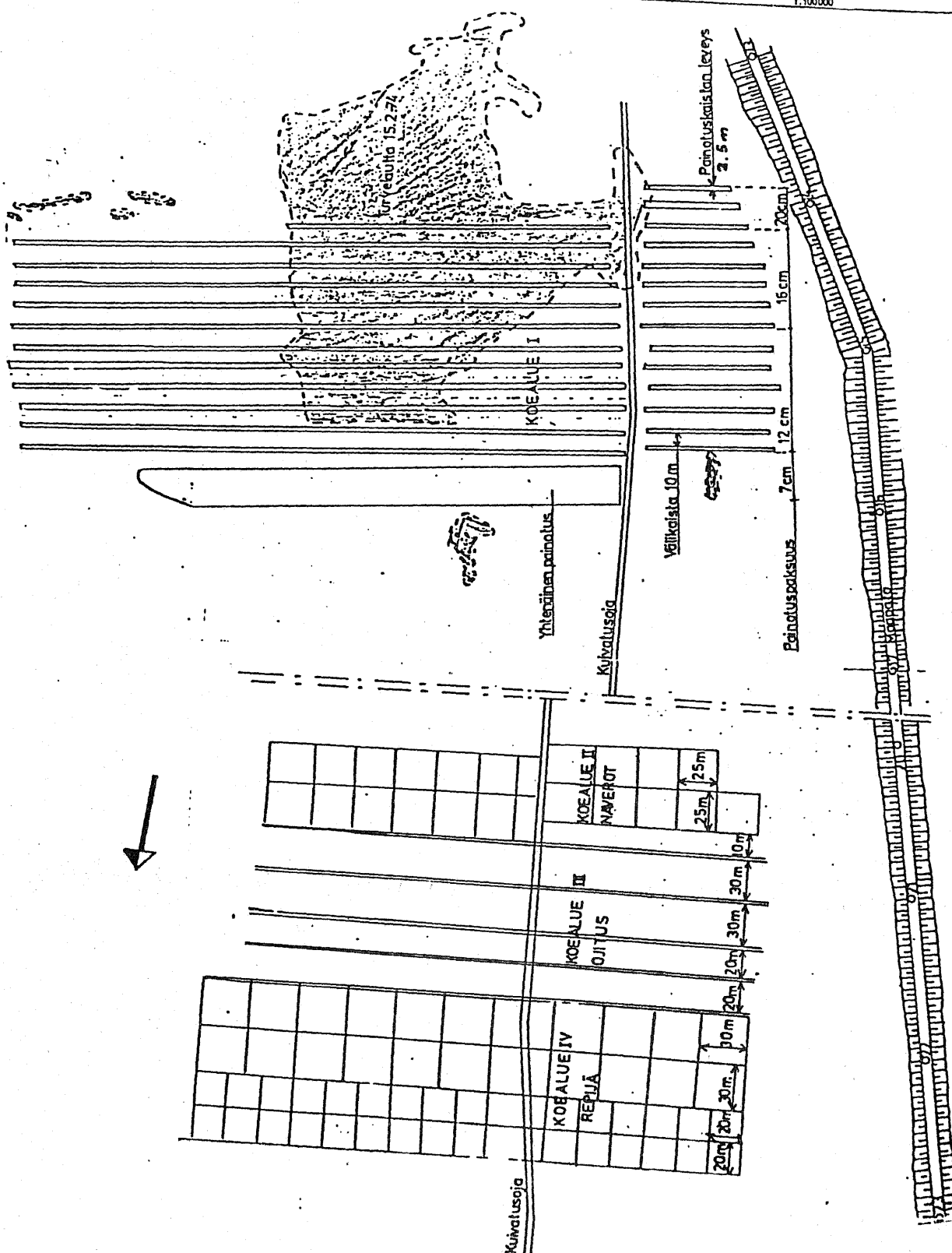
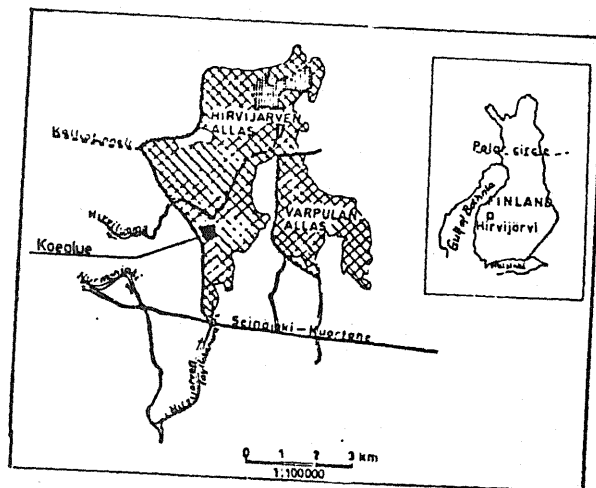
Ensimmäisenä kesänä veden noston jälkeen Kyrkösjärven tekoaltaaseen nousi muutamia pieniä lauttoja. Painotetulla alueella ei turpeen nousua tapahtunut ja se on epätodennäköistä myöhemminkään, sillä yhtenäinen painotuskerros on riittävä estämään turpeen nousun.

Myös Hirvijärven tekojärvellä on tehty turpeen nousua ennalta ehkäiseviä kokeita. Siellä on kokeiltu painotusta, naverointia, ojitusta ja repimistä. Painotustyö aloitettiin tammikuun alkupuolella vuonna 1973 9 ha:n koealueen lumipeitteen poistamisella ja pohjan tiivistämisellä. Työkoneena käytettiin puskutraktoreita Caterpillar D 4 (8 tn) ja Caterpillar D 7 (20 tn), joiden työsaavutukset ovat 900 ja $1150 \text{ m}^2/\text{h}$. Sekä koealue että sinne johtava tie kestivät materiaalin ajon hyvin.

Painotus tehtiin kaistapainotuksena, jossa painotusmateriaali levitetään säännöllisin välein kaistoihin. Kaistaleveytenä käytettiin 2,5 m ja kaistavälinä 10,0 m (kuva 6). Painotus oli tarkoitus tehdä levittämällä hiekkaa 20, 16 ja 12 cm:n vahvuisiin kerroksiin, mutta painotusvahvuuksien pysyttämistä koeohjelman mukaisina vaikeutti pohjan epätasaisuus ja kaistojen alle jäänyt lumi. Molemmat käytetyt työmenetelmät, "sihtilaput" ja suunnitelman mukaisen kerrospaksuuden ja kaistaleveyden avulla määriteltä levytysmatka antoivat 2-5 cm liian suuren kerrospaksuuden. Suoritetut kaistapaksuuksien mittaustulokset on liitteessä 2. Hiekan kuivatilavuuspaino laboratoriossa mitattuna oli $1,6 \text{ tn/m}^3$, joten kaistojen toteutuneet hiekkamäärät neliometriä kohti olivat 400, 314 ja 232 kg/m^2 . Kullekin vahvuusalueelle yhtenäisesti levitettynä olisi vahvuudet olleet 6,5, 5,0 ja 4,0 cm. Koko koealueelle levitettynä hiekkakerroksen paksuus olisi ollut keskimäärin 4 cm. Kaistojen lisäksi alueelle tehtiin yksi yhtenäinen 20 m leveä ja 7 cm paksu kaista, jossa oli hiekkaa 112 kg/m^2 . Turvepaksuus oli koealueella 0,6-1,5 m ja vallitsevina turvelajeina olivat rahkaturve ja sararahkaturve. Koealue valittiin turvetutkimuksen ja nousuennusteen perusteella /17/.

Ensimmäisen kesän jälkeen nousi koko 1 550 ha:n allasalueella 15 ha turvetta pintaan. Turve oli pääasiassa sara ja rahkasaraturvetta, kun taas paksut rahkaturpeet eivät nousseet ensimmäisen kesän jälkeen. Painotuskoealueella todettiin nousseen kuvan 6 mukainen turvelautta, jonka pinta-ala painotusalueen osalla oli n. 1,8 ha. Turpeen nousu painotetulla alueella tapahtui siten, että painotettu kaista pysyi pohjassa, mutta painottamaton osa venyi ja nousi pintaan. Kaistapaksuuksien vaikutusta ei voitu todeta, sillä kaikki kaistat pysyivät pohjassa. Myös yhtenäinen 20 m leveä ja 7 cm paksulla hiekkakerroksella painotettu alue pysyi pohjassa. Niillä alueilla, joilla painotuskaistojen välit oli ajettu reppijällä auki, voitiin paikoitellen havaita painotuskaistojen keikahtaneen ylösalaisin johtuen ilmeisesti vaihtelevasta turvepaksuudesta ja epätasaisesta kuormituksesta. Kokeen perusteella voitiin todeta, että kaistojen välien aukaisu ei parantanut painotuksen vaikutusta, sillä välikaistojen puolikkaat nousivat pintaan painotuskaistan pysyessä pohjassa. Toisaalta todettiin, että painotuskaistojen välialue oli liian leveä. Painotus olisi tehtävät joko yhtenäisenä tai kapealla kaistavälillä.

Kolmen kesän jälkeen syksyllä 1975 Hirvijärven turvelauttojen kokonaismäärä oli 77,2 ha. Painotuskoealueella oli edelleen sama tilanne ja lähelle oli lisäksi noussut uusia lauttoja siten, että alueella oli 18,6 ha:n suuruinen turvelautta. Vuonna 1978 Hirvijärven turvelauttojen kokonaismäärä oli 32,43 ha ja koealueen turvelautta oli pienentynyt 5,43 ha:iin. Tämän jälkeen kartoitusta ei ole tehty.



Painotuskoealueen kustannukset yhteiskustannuksineen olivat 9 400 mk/ha. Hiekkaa levitettiin 9 ha:n koealueelle kaikkiaan 3 703 m³ itd. Työntekijämäärä oli 12 henkeä ja työn kesäto 10 päivää.

Kyrkösjärven ja Hirvijärven sekä Uljuan altaiden lisäksi ei muilla rakennetuilla tekoaltailla ole tehty turpeen nousua ennakoita ehkäiseviä painotustoimenpiteitä tai -kokeita. Hirvijärven tekoaltaalla on painotuksen lisäksi tehty naverointi-, ojitus- ja repimiskokeita. Näiden kokeiden tuloksia käsitellään jäljempänä yhdessä, sillä eri koealueet sijaitsevat toistensa läheisyydessä eikä niillä ole tehty tarkkaa koekohtaista seuranta.

3.14 N a v e r o i n t i

Naveroinnilla tarkoitetaan toimenpidettä, jolla turvekerros leikataan halki pinnasta kivennäismaahan. Naverolla pyritään tässä yhteydessä katkaisemaan turpeen laaja-alainen pintaan nousu sekä edistämään kaasujen poistumista. Toisaalta, jos pintaan nouseva turvealue on naveroitu sopivan kokoisiin ruutuihin, turvelautat ovat helpommin hinattavissa rantaan tai eroosiovaikutus on tehokkaampaa.

Hirvijärven tekoaltaan rakentamisvaiheessa kokeiltiin myös kahden koealueen II (kuva 6, sivu 30) ja V naverointia traktorikaivurilla. Koealue II naveroitiin 25 x 25 m² ruutuihin. Työkoneena käytettiin Ukko-Mestari-traktorikaivuria, jolla naverot kaivettiin 0,6 m:n levyisiksi ja 1,0 m:n syvyisiksi. Kaivu ulotettiin kivennäismaan rajapintaan ja kaivumaat nostettiin molemmin puolin naveroa. Turvepaksuus oli keskimäärin 1,1 m. Naveroiden kaivukustannuksiksi muodostui 2,00 mk/m ja alueen kustannukseksi 2 100 mk/ha.

Koealue V (3,0 ha) naveroitiin traktorikaivurilla 10 m:n kaistoihin. Muuten olosuhteet olivat samat kuin edellä. Naveroiden kaivukustannukseksi saatiin 1,60 mk/ha ja alueen kustannukseksi 1 800 mk/ha.

Koealue IV (kuva 6) ajettiin puskutraktoriin (20 tn) kiinnitettyllä repijällä lohjoihin, joiden koko oli 20 x 20 m² ja 30 x 30 m². Repijän pituus oli jatkettu 135 cm:n. Koneen työsaavutus oli n. 500 m/h. Repijällä ajettujen alueiden kustannukset olivat 600 mk/ha yksikkökustannuksen ollessa 0,80 mk/m. Puskutraktorin (21 tn) tuntivuokra repijän kanssa on 1.8-80 lähtien 333,5 mk/h.

3.15 O j i t u s

Ojittamalla turpeen nousulle alttiit suoalueet siten, että pohjamaasta nostetaan kivennäismaata sarkojen reunoille painoksi voidaan turpeen nousuriskiä pienentää. Ojitus voi-

daan tehdä joko ajo-auralla tai traktorikaivurilla. Tällä menetelmällä estetään turpeen reunoilta alkava repeytyminen, mutta sarkojen keskiosat voivat nousta painotuksen puuttuessa niiltä kohdin. Kokeellisesti olisi määritettävä sellainen sarkaleveys, joka pysyisi pohjassa myös keskiosiltaan saran reunoilta tapahtuvalla painotuksella. Tähän vaikuttavat mm. turvelaji, kerroksellisuus, turvepaksuus ja tuleva veden syvyys. On huomattava, että ojitus voi kuivattaa sarkoja ja pienentää turpeen tilavuuspainoa. Siksi se olisikin tehtävä vasta juuri ennen vedennostoa.

Hirvijärven tekoaltaalla ojituskoalueen III (kuva 6, sivu 30) sarkaleveytenä käytettiin kahdella saralla 20 m ja kahdella 30 m. Työkoneena oli traktorikaivuri Ukko-Mestari. Ojien pintaleveys oli keskimäärin 2,20 m ja syvyys 1,60 m, josta turvetta oli keskimäärin 1,05 m. Jos painoksi nostettu kivennäismaa olisi levitetty tasaisesti koko saralle, sen paksuus olisi ollut 20 m:n saralla n. 4 cm ja 30 m:n saralla n. 3 cm. Ojien kokonaispituus oli 1500 m ja yksikkökustannus 3,56 mk/m. Ojitusalueen kustannus oli 1 800 mk/ha.

Ensimmäisen kesän jälkeen ei koalueilla II, III, IV (kuva 6, sivu 30) ja V turvetta noussut pintaan. Kesällä 1975 koalueille II, III ja IV nousi 25,1 ha:n lautta, joka vuonna 1978 oli pienentynyt 15,25 ha:iin. Tarkempien koekohtaisten tietojen puuttumisesta huolimatta voidaan todeta turvetta nousseen kaikilla koalueilla. Paras näistä neljästä menetelmästä on ojitus, jossa sarkojen reunat painotetaan ojista nostetulla kivennäismaalla. Tehdyssä ojituksessa sarkaleveys oli ilmeisesti liian suuri. Tekemällä kapeammat sarat voidaan lisätä pinta-alaa kohti tulevaa painoa kustannusten silti nousematta kohtuuttomiksi. Jos sarkaleveys olisi ollut 10 m, olisi alueen kustannus ollut 3 900 mk/ha. Uljuan tekoaltaalla oja-auralla tehdyssä vastaavassa kokeilussa käytettiin 10-20 m:n sarkaleveyttä ja turve onnistuttiin pitämään pohjassa.

Taulukossa 9 on tehty yhteenveto Hirvijärven tekoaltaan kokeiluista.

Taulukko 9. Hirvijärven tekoaltaan koetoiminta v. 1973.

Koalue	Menetelmä	Määrä	Yks. kustannus mk/m	Kok. kustannus mk/ha
ha				
I 9	Painotus	3703 m ³		9 400
II 1,5	Naverointi 25 x 25 m ²			
	Traktorikaivuri	1550 m	2,00	2 100
III 3,0	Ojitus			
	Traktorikaivuri	1500 m	3,56	1 800
IV 14,0	Naverointi repijällä			
	20 x 20, 30 x 30 m ²	9800 m	0,79	600
V 3,0	Naverointi 10 m:n sarkoihin traktorikaivurilla	3300 m	1,60	1 800

Tehokkain turpeen nousun ennakolta torjunta torjuntakeino on aiemmin esille tullut turpeenpoisto. Tämän menetelmän ollessa soveltumaton on painotus ainoa kyseeseen tuleva tehokas menetelmä. Myös ojitus voi olla huomioonottamisen arvoisen. Muut tässä esille tulleet menetelmät ovat epävarmoja.

3.2 PINTAAN NOUSSEIDEN TURVELAUTTOJEN POISTAMINEN

3.21 Y l e i s t ä

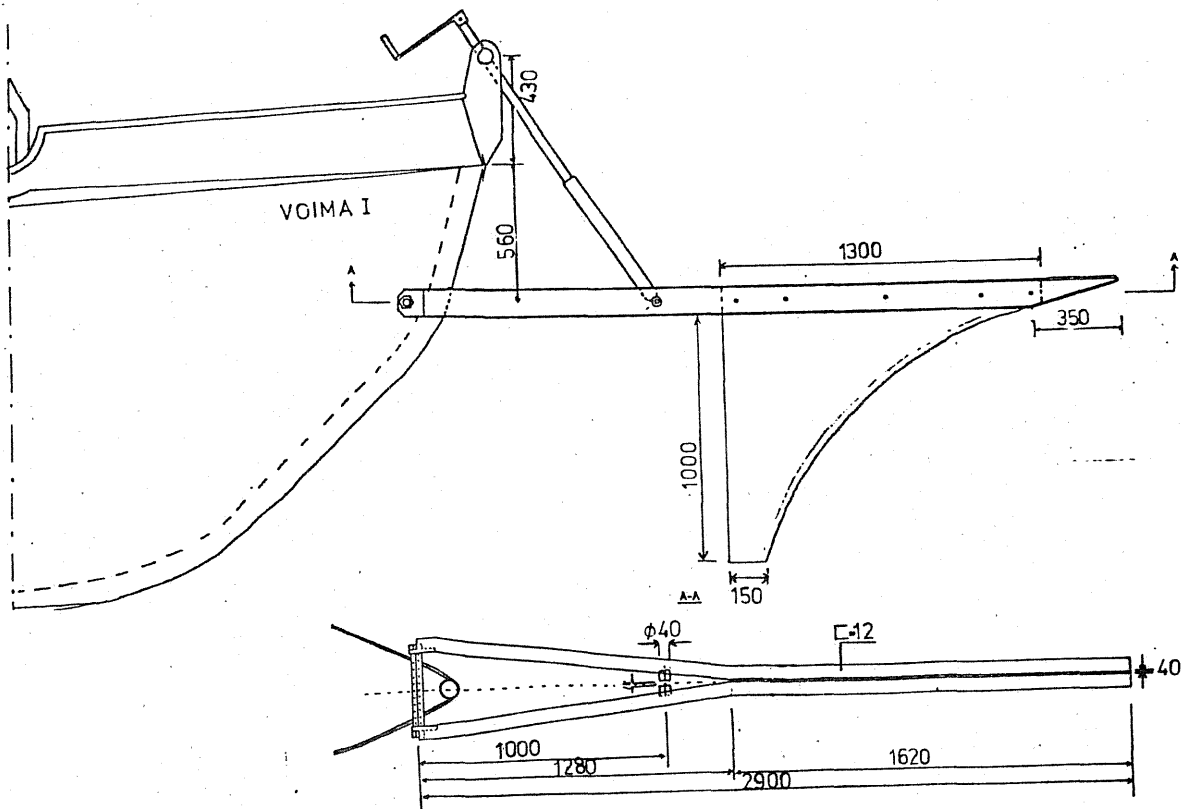
Pinnalla kelluvien turvelauttojen poistamiseksi on käytetty samantapaisia menetelmiä kuin ennakolta tapahtuvassa turvelauttojen torjunnassa. Periaatteena on, että turvelautta pyritään paloittelemaan hinattavan kokoisiin osiin ja kuljetamaan rantaan sopivalle paikalle, josta se voidaan edelleen nostaa pois vedestä. Turvelautta voidaan myös hajottaa pieniin palasiin olettaen, että eroosio lopulta upottaa ne. Toinen vaihtoehto on, että turvelautta painotetaan kivennäismaalla niin, että se uppoaa uudelleen. Turvelauttojen paloittelu ja painotus tehdään tavallisesti talvella jään kantokykyä hyväksi käyttäen, mutta muutamia paloittelumenetelmiä ja jonkin verran painotusta on kokeiltu myös kesällä avoimen veden aikaan. Nämä kesällä tehdyt kokeilut ovat suhteellisen vähäisiä eikä niistä ole käytettävissä kustannustietoja, mutta niiden pääperiaatteita on käsitelty seuraavassa.

3.22 P a l o i t t e l u k e s ä l l ä

3.221 Turveleikkuri

Kemijoki Oy:n toimesta kokeiltiin Lokan tekojärvellä vuonna 1970 hinaajaan asetettua viiltävää terää (kuva 7). Terä on tehty 4 mm:n sirppimäisestä teräslevystä, joka on teroitettu. Terän hyötypituus on 1,0 metriä ja se on kiinnitetty jäykästi hinaajan pituusakselin suhteen. Leikkaus tapahtuu hinaajan työntövoiman avulla. Ajettaessa hinaaja turvelauttaa vasten terän suksimainen kärki kulkee turvelautan päällä ja terä leikkaa turpeen halki.

Turveleikkuria kokeiltiin eri paksuisiin turvelauttoihin ja todettiin, että leikkaus onnistui hyvin alle 0,5 m:n paksuissa lautoissa. Leikattaessa lautoista noin metrin levyisiä viiluja todettiin lauttojen olevan keskiosiltaan paksumpia kuin reunoilta. Paksuuden ollessa 1,0-2,0 metriä terä ei enää yltänyt läpi ja hinaaja jäi kiinni pohjastaan potkurihäkin samalla tukkeutuessa. Myös jäähdytysveden kierto lakkoili pohjasiivilän tukkeutumisen vuoksi. Kaikissa viilloissa todettiin kuitenkin terän leikkaavan hyvin. Eräällä 0,9 m:n vahvuisella turvelautalla, jolla oli pystypuita, terä leikkasi puita ja juuria vaivattomasti.

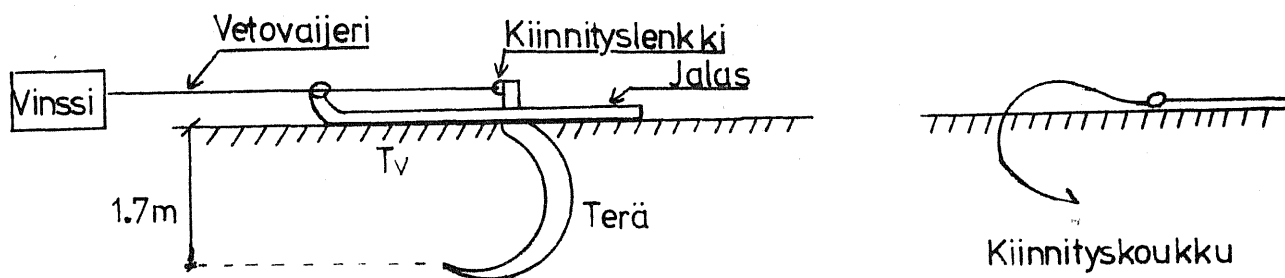


Kuva 7. Hinaajaan sovitettu turveleikkuri.

Kokeilun tuloksena voitiin todeta, että turpeen leikkaus onnistuu hyvin viiltävällä terällä. Terän olisi kuitenkin oltava riittävän luja ja ainakin 2,5 m korkea, jotta turve leikkautuisi täysin. Matalammilla tekojärvillä terän korkeus olisi luonnollisesti pienempi. Lisäksi terän tulisi olla hydraulisesti säädettävissä ja myös pysty akselin ympäri käännettävissä. Aluksen ohjattavuuden todettiin kokeessa olevan huono, sillä terä toimi samalla ikäänkuin jäykkänä peräsimenä. Aluksen pitäisi olla kapearunkoinen ja vähintään 300 hv:n tehoinen. Kokeessa leikattiin kapeita viiluja sen takia, että tällöin alus pystyi syrjäyttämään leikatun kapean viilun. Potkurina paras olisi avoin spiraalimaisesti taaksepäin kaartuvin siivin varustettu hinauspotkuri, joka on konstruoitu erikoisen vahvaksi. Suojahäkkiä tai Kort-tunnelia ei voida käyttää niiden tukkeutumisen takia. Näillä edellytyksillä voitaneen turvelautat paloittelalla halutun kokoisiksi. Leikkauksen kustannuksista ja nopeudesta ei ole olemassa tietoja, mutta todetakaan, että 300 hv:n hinaajan tuntivuokra on 230 mk/h. Jos leikkauksen nopeus olisi n. 1/4 solmua, vastaisi se n. 0,50 mk/m:n yksikkökustannusta. Yhteiskustannukset ja kolmen hengen miehistön palkkojen huomioiminen antaisi 10 x 10 m² ruutuihin paloittelun alueen kustannukseksi n. 1 600 mk/ha.

3.222 Sirppileikkuri

Edellisen kanssa samantapaista viiltävää terää on kokeiltu myös Vissavedellä. Siellä kokeiltiin kuvan 8 mukaista ns. sirppileikkuria. Sirppileikkuri kulki jalasten varassa turpeen päällä ja sirppimäinen terä leikkasi turpeen halki.



Kuva 8. Sirppileikkurin periaatepiirros.

Leikkaus tapahtui siten, että leikkuri vietiin veneellä tai kävellen lautan reunalle ja vedettiin turpeen läpi rannalla olevaan traktoriin kytketyllä vinssillä. Turve oli 1,7 m pak-sua kestäen kävelyn sen päällä. Kun oli leikattu sopivan kokoinen lautta (50 x 50 m²), se hinattiin vinssillä rantaan. Kiinnityskoukkuna käytettiin useita kuvan 8 mukaisia harja-teräksestä tehtyjä koukkuja, jotka painettiin turpeeseen. Rannalle lautta ankkuroitiin paaluilla.

Menetelmän todettiin olevan hidas. Sirppileikkurin vienti lautan reunalle ja sen tarttuminen vedettäessä oksiin ja puun runkoihin vei runsaasti aikaa. Vetovaijerin pituus rajoittaa myös leikkausulottuvuutta. Traktoria joudutaan siirtämään sen mukaan minkä suuntaisia viiltoja halutaan. Menetelmän kustannukset turvekuutiota kohti nousevat hyvin korkeiksi, joten se soveltuu vain kesämökkirantojen ja -lah-tien suppeaan turvelauttojen käsittelyyn.

3.223 Turvelauttojen hajoittaminen

Turvelauttojen eroosio hajoittaa lauttoja pienemmiksi, mutta sen vaikutus on hidasta ja aina eivät olosuhteetkaan ole eroosiolle suotuisat. Eroosion edistämiseksi voidaan turvelauttoja rikkoa pienemmiksi. Rikkomisen yhteydessä turpeessa olevaa kaasua poistuu ja lautat uppoavat vähitellen aallokon edistäessä kaasun poistumista.

Tällaista turvelauttojen hajoitusta kokeiltiin vuonna 1973 Uljuan tekojärvellä. Ponttoonilautalla olevalla traktori-kaivurilla lohkottiin turvelautan reunasta alle 1 m²:n palasia, jotka pyrittiin painamaan ponttoonin alle etenemisen helpottamiseksi. Kokeilun yhteydessä todettiin, että lautto-

jen rikkomisen teho riippuu turpeen alla olevasta vesisyyvyydestä ja turpeen paksuudesta. Kun turpeen alla oli runsaasti vettä, voitiin turve helposti painaa ponttoonin alle. Rikkomisen teho oli $107 \text{ m}^2/\text{h}$ ($294 \text{ m}^3/\text{h}$) turvepaksuuden ollessa keskimäärin 2,75 m. Työskentely oli helpompaa ja tehokkaampaa kuutiometriä kohti vahvoissa lautoissa kuin ohuissa, sillä kaivuri saattoi vetää ponttonia voimakkaammin paksua lauttaa vasten. Rikkominen oli hitaimmillaan, kun turvelautta lepäsi pohjaa vasten eikä sitä voitu painaa ponttoonin alle. Rikkomisteho oli silloin $78 \text{ m}^2/\text{h}$ ($98 \text{ m}^3/\text{h}$) turvepaksuuden ollessa keskimäärin 1,25 m. Kun lautan alla oli vähän vettä ja turvepaksuus keskimäärin 1,25 m, oli rikkomisteho $133 \text{ m}^2/\text{h}$ ($166 \text{ m}^3/\text{h}$). Rikkomisen kustannukseksi keskimääräisellä teholla $106 \text{ m}^2/\text{h}$ saatiin $1,97 \text{ mk}/\text{m}^2$ ($1,12 \text{ mk}/\text{m}^3$). Kustannuksissa on huomioitu traktorikaivuri, moottorivene sekä 3 miestä yhteiskustannuksineen.

Parannusehdotuksina menetelmään ehdotettiin, että ponttooni tulisi voida ankkuroida yöksi ulapalle, sillä sen hinaaminen rantaan vei runsaasti työaika. Kaivurina olisi tehokkaampi ja käytännöllisempi pieni hydraulinen kaivinkone, jonka kääntösäde olisi 380° .

Turpeen hajoittamisen seurauksena turpeesta irtoaa runsaasti humusta veteen aiheuttaen veden samentumisen. Menetelmän käyttö laajassa mitassa tulee vaikuttamaan veden väriarvoihin. Ab Hydroconsultin tekemien laboratoriotutkimusten mukaan allasveteen sekoitettu turveainne, jonka määrä on 1 % veden tilavuudesta, lisää veden värin arvon kaksinkertaiseksi $1/1$. Edellisen perusteella ja olettaen, että turvelautan hajoituksen seurauksena $1/10$ turpeesta liukenee veteen, lisääisi esimerkiksi Kortteisen tekojärven (9 milj. m^3) vuonna 1981 kartoitetun turvemäärän ($915\,000 \text{ m}^3$) hajoittaminen veden väriarvon kaksinkertaiseksi.

3.23 Paloittelu talvella

3.231 Yleistä

Turvelauttojen paloittelu on tehokkainta ja taloudellisinta tehdä talvella käyttämällä hyväksi jään kantokykyä. Jään kantokykyyn vaikuttavat jään paksuus, rikkonaisuus sekä kuorman kesto aika tai etenemisnopeus. Käytännössä jään kantokykyä arvioidaan kaavalla $P = Ah^2$, missä P on kuorma, h on jään paksuus ja A kokemusperäinen kerroin, jonka arvona Pohjoismaissa käytetään $0,3\text{--}0,6 \text{ MN}/\text{m}^2$. TVH:n ohjeiden mukaan esimerkiksi kokonaispainoltaan 22 tn:n kuorma-auton kantamiseen tarvitaan $0,7 \text{ m}$:n paksuinen jää. Turvelauttojen paloittelussa käytetään yleensä traktoreita, joilla tarvittava jään paksuus on $0,3\text{--}0,4 \text{ m}$. Jään kantavuutta voidaan lisätä, mutta turvelauttojen paloittelussa se ei ole kannattavaa käsiteltävien alueiden laajuuden johdosta. Kevättalvella jään kantokyky on yleensä riittävä ainakin traktorikalustolle.

Turvelauttojen paloittelu voidaan yleensä tehdä auraamatta lunta leikkattavalta kohdalta, mutta traktoriin asennettua auraa tai puskulevyä käytetään tarpeen vaatiessa. Lumen paksuus ei kuitenkaan vaikuta turpeen leikkausmenetelmissä leikkauksen hyötypituuteen, sillä kaikissa menetelmissä työ-kone painetaan tiukasta jäätä vasten. Jääsahan ja naverojyr-simen eteen kertynyt jääsohjo haittaa joskus koneiden toiminta. Vaikka talvella voidaankin käyttää hyväksi jään kanto-kykyä turpeen paloittelussa, ei kaikkia turvelauttoja kuitenkaan voida paloittelella jäiden aikana. Monet turvelautat seuraavat veden lämpötilan vaihteluja nousten kesällä pintaan ja vajoten syksyllä veden kylmetessä pohjaan. Ne jäävät paloittelematta ja voivat haitata uudelleen pintaan noustuaan kesällä tapahtuvaa paloitetujen lauttojen hinausta.

3.232 Piipsjärven jääsahakokeilu v. 1981

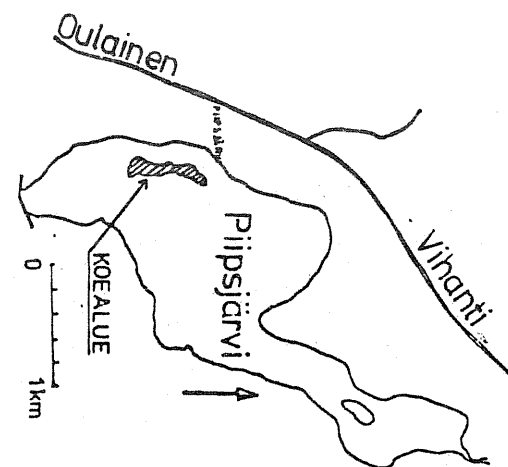
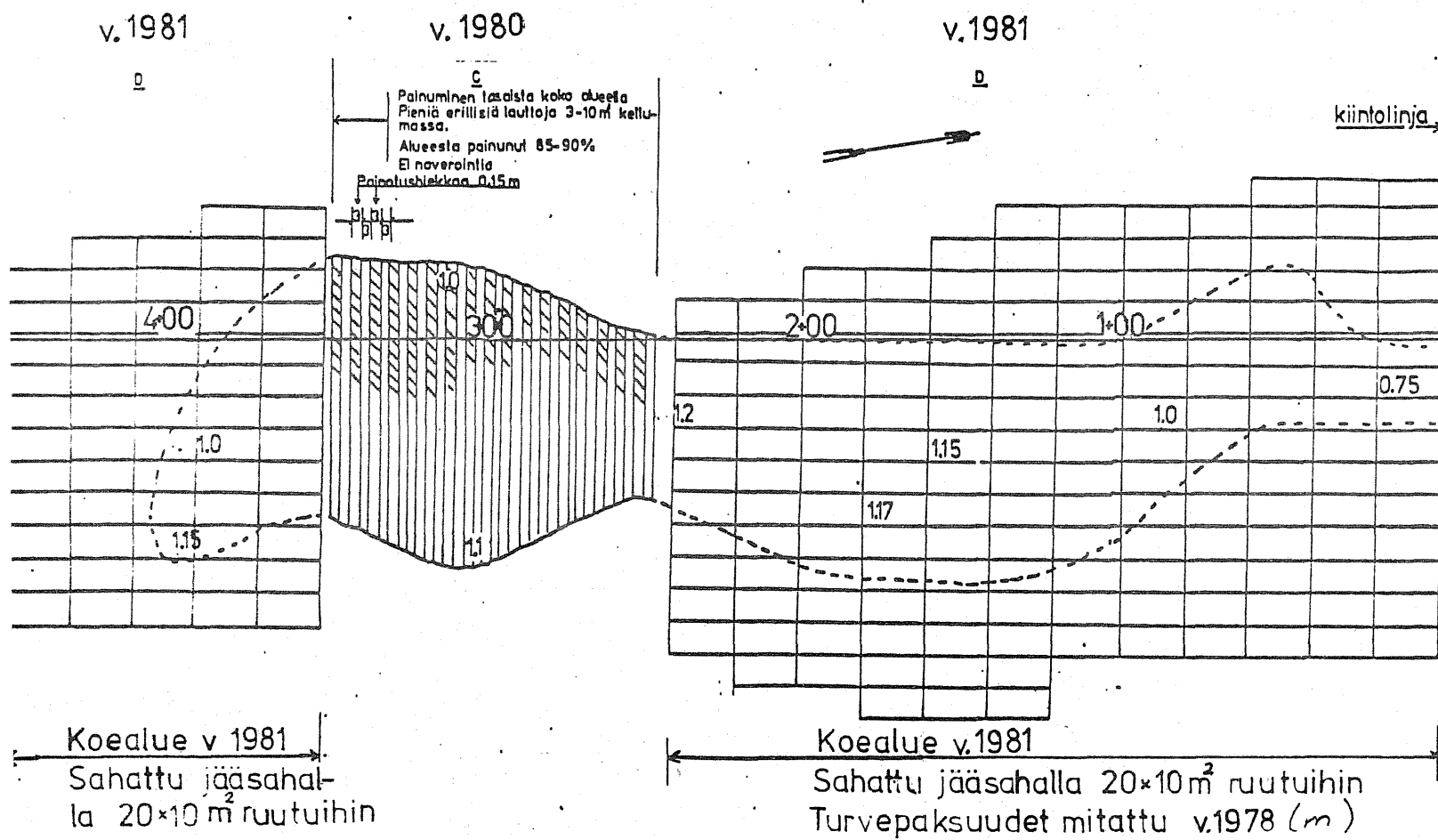
Ketjuleikkurin eli jääsahan soveltuvuutta turvelauttojen sa-haukseen kokeiltiin Oulaisten Piipsjärvellä ja Kortteisen tekojärvellä Piippolassa. Kokeilu tehtiin maalis-huhtikuussa vuonna 1981 ja se liittyi työllisyysvaroilla rahoitettuun turvelauttojen poistamismenetelmiä koskevaan tutkimukseen. Turvelauttojen paloittelu on tutkimuksen ensimmäinen turvelauttojen poistoon liittyvä vaihe. Seuraavina vaiheina ovat turvelauttojen hinaus ja rannalle nosto tai ankkurointi.

Piipsjärvellä sahaus tehtiin järven länsiosassa sijaitseval-la turvelautalla (kuva 9), jolla on tehty aikaisemmin paino-tuskokeita. Turvelautta on reunoiltaan rikkonainen eikä se ole kaikin paikoin keskikohdiltaankaan pinnassa. Tämän vuoksi sahaus ulotettiin reilusti yli turvelautan reunan. Turve-alue oli paikannettu ja merkitty risuilla syksyllä ennen ki-nosten muodostumista. Turvelautan paksuus koealueella on kes-kimäärin 1,0 m. Jään paksuus vaihteli 25-80 cm ja lumen pak-suus 25-40 cm. Koealue sahattiin 10 x 20 m² ruutuihin kuvan 9 mukaan. Alueelle sahattiin 6 485 m railoa, jota oli 10 x 20 m² ruutujen mukaan 1 500 m/ha. Koealueen pinta-ala oli 4,3 ha.

Sahausvälineenä käytettiin Oulun vesipiirin korjaamolla ke-hitettyä (teknikko M. Kylmänen) jääsahaa, johon voimansiirto traktorista tapahtuu hydraulimoottorin välityksellä (kuva 10). Laipan hyötypituus on 1 100 mm ja leveys 110 mm sekä leikkausketjun leveys on 12 mm. Sahatun railon leveydeksi tuli 12-13 mm. Traktorin hydraulipumpun 1 000 kierroksella minuutissa saadaan hydraulimoottoriin 1 770 kierrosta minuutissa. Hydraulimoottorina on Volvo F 11-28 ja ketjuna Oregon F 11 3/4". Jääsahan rakentamiskustannukset ovat 8 000-9 000 markkaa.

Sahauksessa ilmeni alussa vaikeuksia johtuen traktorin Val-met 703:n liian suuresta kulkunopeudesta. Saha ei ehtinyt leikata tarpeeksi nopeasti lukkiutuen jäähän. Tällöin trak-toria jouduttiin hyvin usein peruuttamaan sahan irrottamiseksi.

Kuva 9. Piipsjärven jääsaha-
ja painotuskoalueet.



Myös terän eteen kertyvä lumisohjo vaikeutti terän pyörimistä. Kun entisen traktorin tilalle vaihdettiin hitaammin kulkeva Fordson Major-traktori ja terän eteen asennettiin pieni lumi-aura, sujui sahaus melko yhtäjaksoisesti. Hetkellisesti voitiin sahausnopeuden todeta vastaavan yli 300 metriä tunnissa, mutta koko koealueen sahauksessa se oli keskimäärin 150 metriä tunnissa.

Sahauksen kustannukset olivat seuraavat:

Miestyö	8 904,75 mk
Turvelauttojen sahaus 6 485 m	3 236,80
Sosiaali ym. menot	3 255,83
Tarvikelaskut	809,14
Yhteensä	16 206,52

Kustannukset pinta-alaa kohti olivat 3 768,96 mk/ha, juoksumetriä kohti 2,50 mk/jmtd sekä turvekuutiota kohti keskimäärin 0,38 mk/m³. Turvekuutiohintaa laskettu olettaen, että koko alueen sahaus oli tehokasta sahausta. Menetelmään liittyy vielä lauttojen hinaus ja rannalle nosto, joita kustannukset eivät sisällä.

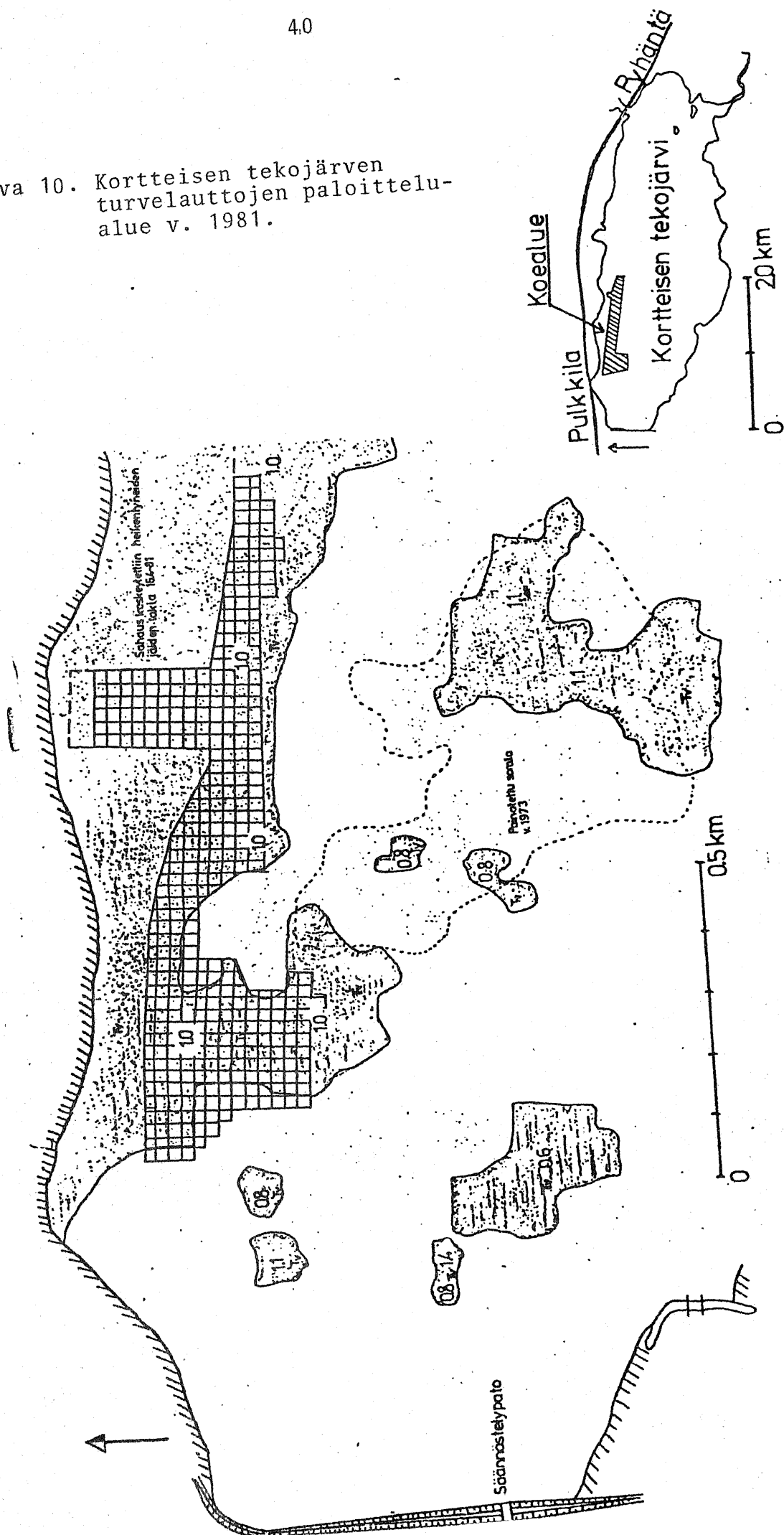
Tehdyn kokeen perusteella voidaan todeta jääsahan soveltuvan turvelauttojen paloitteluun sillä edellytyksellä, että turvepaksuus on $\leq 1,0$ m. Paloittelussa tuli myös hukkasahausta, sillä turve ei ollut kaikin paikoin pinnassa, vaan se joko roikkui terän ulottumattomissa tai on osittain pohjassa. Tämä havaittiin vasta kunkin railon sahauksen jälkeen, jolloin tehokas sahaus näkyi turveroiskeina jäällä ja hukkasahausta railona. Ne ruudut, jotka eivät ole täysin irronneet, voivat olla kesällä hankalasti irrotettavissa hinausta varten.

Ketjuleikkurin leikkausnopeudesta todettakoon sen olevan vastuksista huolimatta hyvä, sillä verrattuna esimerkiksi aiempina vuosina kokeiltuun KOPO-jyrsimeen, se on lähes kolminkertainen. Ketjuleikkuriahan kokeiltiin ensimmäistä kertaa tämän kokeen yhteydessä ja kokeilun aikana siihen tehtiin vielä parannuksia, joten leikkuria voidaan varmasti edelleen kehittää ja alentaa sahauksesta aiheutuvia yksikkökustannuksia.

3.233 Kortteisen tekojärven turvelauttojen sahauskokeilu v. 1981

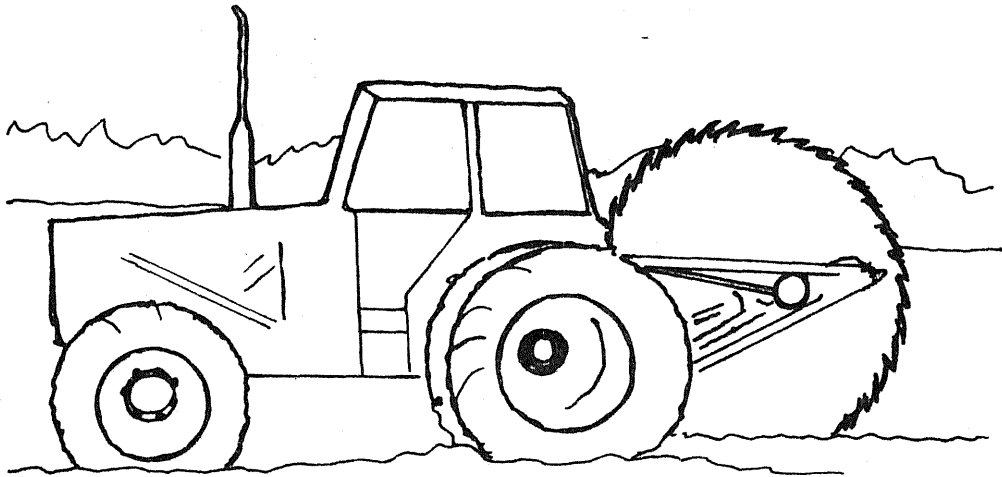
Kortteisen tekojärvellä vuonna 1981 kartoitettu turvelautta-alue on 91,31 ha, joka turvelauttojen keskivahvuuden (1,0 m) mukaan käsittää n. 915 000 m³ turvetta. Turvelauttojen sahauksista varten sahattava alue viitoitettiin 20 x 20 m² ruutuihin ja mitattiin turvepaksuus kuvaan 11 merkityillä kohdilla. Sahattava määrä oli yhteensä n. 91 000 m, josta ehdittiin kuitenkin sahata vain 18 312 metriä urakoitsijan luopuessa työstä jään heikkouden takia. Urakkasopimuksen mukainen juoksumetrin hinta oli 0,35 mk/jmtd. Suurin osa sahauksesta (13 415 m) tehtiin urakoitsijan kiekkelleikkurilla ja loppuvaiheessa käytettiin Oulun vesipiirin jääsahaa (4 897 m).

Kuva 10. Kortteisen tekojärven
turvelauttojen paloittelu-
alue v. 1981.



Sahaus tehtiin maaliskuu-huhtikuussa, jolloin lumen vahvuus jäällä oli 10-20 cm ja jään vahvuus 40-60 cm. Virtaavan joen kohdalla oli ohuita jopa sulia kohtia. Kerran traktori putosi osittain sulaan ja sen ylössaaminen kesti yhden työvuoron. Putoamisen jälkeen jään paksuus mitattiin jatkuvasti ennen sahausta.

Kiekkoleikkuri on kehitetty suo-ojitukseen käytetystä sahausta (urakoitsija E. Forsström, Pulkila). Siinä on mekaanisesti traktoriin kytketty sirkkeliä muistuttava terä (kuva 11). Mekaanin kytkentä traktorista sahaan on tehty akselin ja kuorma-auton peränivelistön välityksellä. Sahan terän halkaisija on 3,0 m ja hyötypituus 1,33 m. Terä on hitsattu 16 mm:n teräslevystä, johon on kiinnitetty kovametalliset hampaat (36 kpl). Hampaiden leikkauspinnan leveys on 35-40 mm. Sahattaessa jäähän syntyy n. 65 mm:n levyinen kalteva railo johtuen terän asennosta. Suo-ojituksessa käytetyssä sahasahan terä tai terät muodostavat V-kirjaimen muotoisen leikkausalan.



Kuva 11. Kiekkoleikkuri.

Traktorina oli Fiat 1300 DT Super, jossa oli edessä ja takana parirenkaat. Alkuvaiheessa traktorissa ei ollut parirenkaita, jolloin sahattava linja jouduttiin ennen sahausta ajamaan läpi lumen tiivistämiseksi ja sahauksen onnistumiseksi. Parirenkaiden käyttöönoton jälkeen sahaus onnistui lunta tiivistämättä. Niillä kohdin, missä vettä oli runsaasti turpeen alla, todettiin sahan vastuksen olevan huomattavasti suuremman kuin vähävetisillä alueilla. Matalimmissa kohdissa terä ulottui pohjaan osuen joskus jopa kiviin.

Kirjanpidon perusteella todettiin parhaimman työvuoron aikana saavutetun sahausnopeuden olleen keskimäärin 404 m/h. Hetkellisesti leikkausnopeus saattoi nousta jopa 600 m/h. Kuitenkin konerikkojen ja muiden vaikeuksien takia koko työ-
määrän keskimääräiseksi nopeudeksi jäi 244 m/h. Jäiden heikentyessä urakoitsija luopui työstä traktorin uppoamisen pelossa. Sahattaessa pitkittäisten leikkauslinjojen yli poikittaisia leikkauslinjoja oli traktorilla vaikeuksia päästä pois sahatulta ruudulta.

Urakoitsijan luovuttua sahausta jatkettiin Oulun vesipiirin jääsahalla, jolla päästiin keskimäärin 150 metrin tuntinopeuteen. Vesipiirin käyttämä traktori oli huomattavasti kevyempi kuin urakoitsijan, joten työtä voitiin jatkaa kunnes jään todettiin paikoitellen olevan liian heikkoa kantamaan traktorin.

Kortteisen tekojärven sahauskokeilun kustannukset olivat seuraavat:

Kiekkoleikkuri (urakoitsija)

	h	jmtd		
Miestyöt				
- aputyöt	18		264,10 mk	
- työnjohto	192		3 277,94	
- matkalasku			3 095,92	
			Yht. 6 637,96 mk	
Urakoitsijan kone	55	13 415	5 701,65 mk	<u>12 339,61 mk</u>

Jääsaha (Ouv)

Miestyöt				
- aputyöt	8		136,60 mk	
- työnjohto	160		2 775,01	
- matkalasku			1 600,00	
			Yht. 4 510,61	
Ouv:n jääsaha	32,34	4 897	1 617,00 mk	
- koneen kulj. matkalasku			914,15	
			Yht. 2 531,15	<u>7 041,76 mk</u>

Kuljetukset	9.17		564,54 mk	
Materiaali			85,75	
			650,29 mk	<u>650,29 mk</u>

Yhteiskustannukset

Sos.kustannukset			1 942,35	
Toimistohenk. kustannukset			1 700,50	
Työmaatiet			251,00	
Henkilösivukustannukset			2 500,00	
	18 312		Yht. 6 393,85	<u>6 393,85 mk</u>
			Yht.	<u>26 425,51 mk</u>

Kirjanpidon perusteella todettiin parhaimman työvuoron aikana saavutetun sahausnopeuden olleen keskimäärin 404 m/h. Hetkellisesti leikkausnopeus saattoi nousta jopa 600 m/h. Kuitenkin konerikkojen ja muiden vaikeuksien takia koko työmäärän keskimääräiseksi nopeudeksi jäi 244 m/h. Jäiden heikentyessä urakoitsija luopui työstä traktorin uppoamisen pelossa. Sahattaessa pitkittäisten leikkauslinjojen yli poikittaisia leikkauslinjoja oli traktorilla vaikeuksia päästä pois sahatulta ruudulta.

Urakoitsijan luovuttua sahausta jatkettiin Oulun vesipiirin jääsahalla, jolla päästiin keskimäärin 150 metrin tuntinopeuteen. Vesipiirin käyttämä traktori oli huomattavasti kevyempi kuin urakoitsijan, joten työtä voitiin jatkaa kunnes jään todettiin paikoitellen olevan liian heikkoa kantamaan traktorin.

Kortteisen tekojärven sahauskokeilun kustannukset olivat seuraavat:

Kiekkoleikkuri (urakoitsija)

	h	jmtd	
Miestyöt			
- aputyöt	18		264,10 mk
- työnjohto	192		3 277,94
- matkalasku			3 095,92
			<hr/>
			Yht. 6 637,96 mk
Urakoitsijan kone	55	13 415	5 701,65 mk <u>12 339,61 mk</u>

Jääsaha (Ouv)

Miestyöt			
- aputyöt	8		136,60 mk
- työnjohto	160		2 775,01
- matkalasku			1 600,00
			<hr/>
			Yht. 4 510,61
Ouv:n jääsaha	32,34	4 897	1 617,00 mk
- koneen kulj. matkalasku			914,15
			<hr/>
			Yht. 2 531,15 <u>7 041,76 mk</u>

Kuljetukset	9.17		564,54 mk
Materiaali			85,75
			<hr/>
			650,29 mk <u>650,29 mk</u>

Yhteiskustannukset

Sos.kustannukset		1 942,35	
Toimistohenk. kustannukset		1 700,50	
Työmaatiet		251,00	
Henkilösivukustannukset		2 500,00	
		<hr/>	
	18 312	Yht. 6 393,85	<u>6 393,85 mk</u>
			Yht. <u>26 425,51 mk</u>

Sahatun alueen pinta-ala oli 15,8 ha, joten kustannukset pinta-alayksikköä kohti olivat 1 672,5 mk/ha ja juoksumetriä kohti 1,44 mk/jmtd. Kiekkoleikkurille tuli kustannuksiksi 1 450,38 mk/ha (1,25 mk/jmtd) ja jääsahalle 2 285,97 mk/ha (1,46 mk/jmtd). Nämä kustannukset on laskettu siten, että kuljetus-, materiaali- ja yhteiskustannukset on jaettu leikkureiden kustannusten suhteessa. Kiekkoleikkurilla sahattu määrä vastaa 11,6 ha:n pinta-alaa ja ketjuleikkurilla vastaavasti 4,2 ha:n pinta-alaa.

Kortteisen tekojärvellä ei tullut hukkasahausta, sillä turvelautta oli yhtenäinen. Kokeilun yhteydessä todettiin kiekkoleikkurin soveltuvan hyvin turvelauttojen paloitteluun, mutta se vaatii tehokkaan traktorin ja kestäväen välityslaitteiston. Jään kantavuus ja järven mataluus asettavat myös rajoituksia. Sahauslaitteisto lisää huomattavasti traktorin painoa. Liian pienestä vesisyvyydestä seuraa terän hampaiden tylsyminen niiden koskiessa pohjakiviin.

3.234 Naverointi KOPO-jyrsimellä

Lähinnä sala- ja suo-ojien kaivuun valmistettua KOPO-jyrsintä on käytetty myös turvelauttojen paloitteluun. KOPO- eli naverojyrsin on eräänlainen suljettu pystysuorassa pyörivä kierukka, joka on sijoitettu traktorin nostovarsille ja joka saa voimansa traktorin ulosottoakselilta (liite 3). Kierukan laidassa on terät, jotka purevat jäätynyttä turvetta. Traktorin hiljaa edetessä kierukka syö jäätyneeseen turpeeseen jysyntyyppistä riippuen 0,3-0,4 m leveän ja 0,8-1,3 m syvän pystysuoraluiskaisen ojan.

Kortteisen tekojärvellä tehtiin vuonna 1971 naverojyrsimen käyttöä turvelauttojen upottamisessa koskeva tutkimus. Jyrsintätyö tehtiin kahdella KOPO-jyrsimellä, joista toinen teki 1,3 m syvän ja 0,3 m leveän vaon ja jossa voimanlähteenä oli puoliteloloilla ja alennusvaihteella varustettu Valmet 900 traktori. Toinen jyrsin teki 1,00 m syvän ja 0,4 m leveän vaon traktorin ollessa puoliteloloilla ja alennusvaihteella varustettuna Fordson Super Major. Tutkimus tehtiin helmikuussa, jolloin ilman lämpötila vaihteli -3 - -19°C ja lumen paksuus jäällä oli 20 cm. Vesijää vaihteli 20-50 cm, allaoleva jäätynyt turvekerros 20-50 cm ja jäätymätön turvekerros 0-80 cm.

Koealuetta ajettiin 10×10 , 20×20 , 40×40 ja $80 \times 80 \text{ m}^2$ ruutuihin, minkä lisäksi lähistölle tehdyllä painotuskoealueella (kts. kohta 3.263) naveroitiin painotuskaistojen välit. Kunkin railon alkupäähän apumies hakkasi jäähän aloitusavannon, johon jyrsin laskettiin työasentoon. Vasta tämän jälkeen voitiin voimansiirtoakseli asentaa paikalleen. Jyrsinnän aikana oli sohjoa poistettava koneen edestä ja poistuloaukosta, jottei sohjo jäättyessään tukkisi jysintä. Ennakolta selvitettiin kunkin railon jään ja turpeen paksuus sekä turvelautan reuna, jotta saatiin selvitettyä jään kantavuus ja jyrsimen ulottuvuus turpeeseen.

naveroinnin kustannukset olivat 2,58 mk/jmtd x 1000 jmtd/ha = 2 580 mk/ha. Ruuduttamalla kustannukset muodostuisivat taulukon 10 mukaisiksi.

Taulukko 10. Ruuduttamalla tehdyn naveroinnin kustannukset.

Ruudun mitat m ²	Ruutuja kpl/ha	Jyrsittävä määrä m/ha	Yks.kust. mk/jmtd	Kustannus mk/ha
5 x 5	400	4 000	2,58	10 300
10 x 10	100	2 000	2,58	5 150
15 x 15	44,5	1 332	2,58	3 450
20 x 20	25	1 000	2,58	2 600
30 x 30	11,1	666	2,58	1 700
40 x 40	6,25	500	2,58	1 300
50 x 50	4	400	2,58	1 050
60 x 60	2,77	334	2,58	850
70 x 70	2,04	286	2,58	750
80 x 80	1,56	250	2,58	650
90 x 90	1,23	222	2,58	550
100 x 100	1	200	2,58	500

Voidaan todeta, että turpeen upottaminen sorapainotuksella k/k 10 m:n kaistoihin jyrsittynä maksaa 5 945 mk/ha ja samalla hehtaarihinnalla pystytettäisiin turvelautta paloittelemaan naverojyrsimellä 7,5 x 7,5 m²:n ruutuihin. Käytännössä kysymyseen tuleva pienin ruutukoko on 10 x 10 m², jonka hehtaarihinta olisi 785 mk halvempi. Toisaalta jälkeempäin on voitu todeta, että vaikka ruutuihin naverointia tehtäessä oletettiin ruutujen uppoavan tai hajoavan, niin näin ei tapahtunut läheskään kaikilla ruuduilla. Ruudutetun alueen kustannukset eivät siis ole lopullisia, vaan menetelmään tulee liittyä turvepalojen jatkokäsittely.

Kokeen yhteydessä havaittiin muutamia naverojyrsintä koskevia parannustarpeita. Jyrsimen pyöritysakseli tulisi konstruoida sellaiseksi, ettei sitä tarvitse jokaisen työ- ja kuljetus-asentoon laiton yhteydessä irrottaa. Jyrsimen työsyvyyden tulisi olla suurempi, sillä jyrsin ei yltänyt kaikissa paikoissa halkaisemaan kokonaan jään alla olevaa turvekerrosta. Jyrsintää varten olisi kehitettävä sellainen jyrsin, joka tekisi 10-20 cm leveän ja 150 cm syvän vaon.

Vuonna 1973 Kortteisen tekojärvellä tehtyjen turvelauttojen poistoa koskevien kokeiden yhteydessä naveroitiin 18,23 ha:n alue 10 x 10, 20 x 20, 50 x 50 ja 100 x 100 m²:n ruutuihin. Työkoneena oli traktoriin kytketty naverojyrsin.

(100/35). Tämän kokeen perusteella kustannukset olisivat erikokoisilla ruuduilla seuraavat:

10 x 10 m ²	5 250 mk/ha
20 x 20 m ²	2 650 mk/ha
50 x 50 m ²	1 050 mk/ha
100 x 100 m ²	550 mk/ha

Kustannukset on laskettu 2,63 mk/jmtd yksikköhinnan mukaan. Kokeessa oletettiin, että paloittelut lautat häviävät helpommin eroosion vaikutuksesta, mutta vuonna 1980 tehdyn ilmakuvauksen mukaan suurin osa lautoista on edelleen pinnalla, joskin niiden sijainti on hieman muuttunut. Lautat eivät ole päässeet ajelehtimaan niitä ympäröivien ehjien lauttojen muodostamasta pussista.

3.24 H i n a u s

3.241 Yleistä

Turvelauttojen paloittelun tarkoituksena on hinauskelpoisten turvelauttojen muodostaminen. Näiden koko riippuu käytettävästä hinauskalustosta ja -matkasta, turpeen paksuudesta ja rannan syvyydestä. Matalille ranta-alueille hinattavat lautat on paloitteltava pienemmiksi kuin esimerkiksi patopenkereen viereen hinattavat lautat.

Hinauskaluston valinta riippuu kunkin työkohteen paikallisista olosuhteista. Vesisyvyyden ollessa riittävä hinaus on edullisinta tehdä moottorihinaajalla, mutta rannan lähellä (< 300 m) olevia lauttoja matalille rannoille hinattaessa on paras käyttää rannalla olevaa vinssiä.

Valittaessa rantaa, johon turvelautat hinataan, on otettava huomioon turpeen läjituskaluston asettamat vaatimukset lähinnä pohjamaan kantavuuden ja nostoulottuvuuden suhteen. Matalille rannoille, joilla on kantoja ja risuja, turvelauttojen hinaaminen on tuloksetonta. Tällaisille rannoille hinaaminen edellyttää rannan raivaamista tai vedenpinnan tuntuvaa nostoa. Kesäaikana täynnä olevissa tekojärvissä ei useinkaan ole varaa vedenpinnan nostoon.

Turvelauttojen hinaamiseen soveltuvat parhaiten patopenkereet tai syvät kovapohjaiset ranta-alueet. Tällaiset rannat helpottavat huomattavasti myös turpeen jatkokäsittelyä, sillä esimerkiksi patopenkereeltä tapahtuva turvelauttojen nostelu voidaan tehdä pitkin patoa. Lyhyen patopenkereen tai kapean rantakaistaleen kohdalla tehty turpeen nostelu edellyttää läjitysaluetta tai turpeen poiskuljetusta sen kuivuttua.

Turvelauttojen hinauksesta olevien vähäisten kokemusten ja tietojen takia käsitellään seuraavassa vain vuosina 1980 ja 1981 tehtyjä hinauskokeiluja Kortteisen tekojärvellä ja Piipsjärvellä.

3.242 Kortteisen tekojärvi

Kortteisen tekojärvellä oli alunperin tarkoitus hinata pelkästään talvella 1981 20 x 20 m² ruutuihin sahattuja lauttoja, (kuva 10, sivu 40), mutta jo alkuvaiheessa todettiin, että myös vuonna 1973 sahatut ja useat sahaamattomat lautat olivat melko helposti irrotettavissa. Kun lauttoja irrotettiin sahatun alueen reunoilta, pääsivät myös tuulet vaikuttamaan moniin lauttoihin siten, että lautat siirtyivät tuulista riippuen järven keskellä olevan väylän puolelta toiselle. Väylä paikka saattoi muuttua hyvinkin lyhyenä aikana.

Kaikki sahatutkaan lautat eivät olleet kuitenkaan täysin irti railoja myöten, vaan voitiin todeta, että varsinkin rannan lähellä olevat turvelautat olivat vain puolittain läpisahautuneet. Tämä vaikeutti niiden irrottamista, mutta hyvin usein ne repesivät pitkin sahausrailoa. Puolittain läpisahautuneet railot oli sahattu jääsahalla.

Kortteisen tekojärvellä turvelautat hinattiin järven länsipäässä sijaitsevan patopenkereen läheisyyteen n. 200 metrin matkalle padon suuntaan. Padolla oleva laahakauhakaivukone nosteli turvelautat padon yli läjitysalueelle. Patopenkereen kohdalla ranta oli riittävän syvä (> 1,0 m), joten lautat saatiin helposti kaivukoneen ulottuville. Padon päässä olevien patoluukkujen suojaksi hinattiin ja ankkuroitiin n. 800 m²:n lautta, joka esti pienempiä lauttoja ajelehtimasta patoluukkuihin.

Turvelauttojen hinausmatka vaihteli tavallisesti 700-1200 m, mutta tuulen mukana ajelehtivia lauttoja hinattiin padolle hyvinkin lyhyiden matkojen päästä. Työn edistyessä v. 1981 sahattujen lauttojen hinausmatka oli pisimmillään n. 1 600 m.

Hinauskalustona käytettiin Oulun vesipiirin Meteo-moottoririvenettä. Vene on varustettu Volvon moottorilla, jonka teho on 30 hv. Veneen pituus on 5 m, kokonaispaino 1 200 kg ja siinä oli kahden hengen miehistö. Veneellä pystyttiin tuulen avustamana hinaamaan hitaati jopa hehtaarin kokoinen lautta. Erään 50 x 50 m² lautan hinausnopeudeksi todettiin 230 m/h, mutta tavallisesti sen hinausnopeus 20 x 20 m²:n lautalla oli tuulesta riippuen 950-1 000 m/h. Veneen tuntiveloitus on 25 mk/h.

Hinauksessa käytettiin tuuman vahvuista nailonköyttä, joka kesti hyvin muutamia kulumisesta johtuvia katkeamisia lukuunottamatta. Köyden pituus oli n. 100 m, jotta potkurivirtojen vaikutus ehtisi heiketä ennen lauttaa. Köyden eduksi voidaan lukea kestävyys lisäksi sen kelluminen vedenpinnalla.

Hinauksen ensimmäisenä työvaiheena oli koukun kiinnitys lautaan. Alkuvaiheessa koukku vietiin lautan keskiosiin, mutta pian todettiin turpeen olevan niin sitkeää, että se kesti repeämättä 1-2 metrin päässä lautan reunasta tapahtuvan vedon. Useimmat lautat olivat niin paksuja, että ne kestivät huoletta kävellä. Joillakin lautoilla käytettiin apuna lautaa kävelyn helpottamiseksi tai koukku heitettiin veneen kannelta lauttaan kiinni. Hinaus aloitettiin varovasti ja veto pyrittiin suuntaamaan siten, että lautta joutui pyörimisliikkeeseen vapaaseen reunaan päin, mikä helpotti lautan irtoamista. Joitakin lauttoja jouduttiin vetämään eri suunnista ennenkuin ne saatiin irti. Varsinaisen hinauksen aikana oli huomioitava tuulen vaikutus. Hinaus kesti tavallisesti 400 m²:n lautalla 45-75 minuuttia riippuen tuulesta ja matkasta. Hinausta jatkettiin kunnes moottorivene oli padolla tai jo aiemmin hinattujen lauttojen reunalla. Alkuvaiheessa lyhennettiin tämän jälkeen köyttä, mutta potkurivirtojen aiheuttamasta vastuksesta johtuen pian todettiin olevan helpompaa työntää lautta moottoriveneellä padon viereen. Moottorivene pyrki nousemaan lautan päälle, mutta laittamalla hinauskoukku veneen keulaan siten, että piikit painuivat turvelautan reunaan, pystyttiin tehokkaasti käyttämään veneen työntövoimaa. Lutta työnnettiin padon viereen tai samanaikaisesti työskentelevän kaivukoneen ulottuville. Poikkeuksellisen suuret lautat ankuroitiin teräskoukuilla ja köysillä rantapuihin ja -kantoihin, jottei tuuli veisi niitä esimerkiksi viikonlopun aikana. Muutamia kaivukoneen ulottumattomiin jääneitä turvelauttoja hinattiin myös padolla olevan traktorin vinssillä. Vinssissä käytettiin myös nailonköyttä.

Työvuoron aikana hinattiin keskimäärin viisi 400 m²:n lautaa. Hinauskustannukset muodostuivat seuraaviksi. Kustannukset on laskettu hinaustyössä käytetyn moottoriveneen tehokkaan työajan mukaan elokuun alusta syyskuun 25. päivään asti, jona aikana turvelauttoja hinattiin 78 600 m².

Miestyö	198,5 h	7 213,49 mk
Työnjohto		6 090,30
Meteoor-moottorivene	198,5 h	4 962,50
Traktori	11 h	275,00
Materiaali		1 545,29
Kuljetukset		424,50
		<hr/>
		20 511,80 mk
<u>Yhteiskustannukset</u>		
Sos.kustannukset		
- miestyö		3 033,27
- työnjohto		1 184,55
Toimistohenk.kust.		1 059,25
		<hr/>
		5 277,07
		<u>25 788,15 mk</u>

Hinaustyön kustannukseksi saatiin 3 280 mk/ha ja 0,64 mk/m³. Yhden 20 x 20 m²:n lautan hinaus maksoi siten 132 markkaa. Kustannusten perusteella voidaan todeta, että vesikuljetus on edullista myös turvelautoilla.

3.243 Piipsjärvi

Syksyllä 1980 kokeiltiin Piipsjärvellä paloittelemattomien turvelauttojen irrottamista ja hinaamista kuluveneellä, jossa oli 12,5 hv:n moottori. Veneellä koetettiin leikata turvelauttoja ajamalla lautan päälle, mutta pyöreäpohjainen vene ei pystynyt halkaisemaan turvetta. Myöskään lautan irrottaminen potkurivoimin vetämällä ei onnistunut, mutta ankkuroimalla vene rannalla olevaan puuhun ja kiinnittämällä ankkurikoukut turvelauttaan onnistuttiin kelulla vetäen irrottamaan n. 50 m² lautta. Tällä menetelmällä saatiin irti 40-60 m² lauttoja, joiden hinaamista rantaan vaikeutti rannan mataluus ja lauttojen hajoaminen. Lauttoja irrotettiin myös vaijerilla leikkaamalla siten, että vaijerin toinen pää oli ankkuroitu rantaan ja toinen veneeseen. Vene kiersi lautan ja aloitti vedon. Näin saatiin irrotettua lauttoja, mutta työtä vaikeutti vaijerin tarttumisen pohjalla oleviin kantoihin ja turpeeseen. Kaikkiaan viiden päivän kokeilun aikana puhdistettiin vesialuetta n. 2 ha. Hinaus kuluveneellä onnistui kohtalaisesti, mutta menetelmä on hidas hinausnopeuden ollessa n. 100-200 m/h.

Syksyllä 1981 Piipsjärvellä hinattiin saman vuoden keväällä 10 x 20 m² ruutuihin paloitetuja turvelauttoja. Lautat sijaitsivat 200-300 m:n etäisyydellä rannasta n. 100 m:n levyisenä juontona. Hinaamalla lautat rantaan ja törmittämällä ne kaivukoneella on tarkoitus parantaa rannan käyttöä. Ranta-alue on matalaa, hyötykäyttöön sopimatonta, rantavedessä kasvavaa pensaikkaa. Maapohja on suhteellisen kovaa hieta-maata.

Piipsjärven turvelauttojen hinaus on huomattavasti työläämpää työ kuin Kortteisen tekojärven. Työtä vaikeuttaa rannan mataluus. Hinauskalustona ei voitu käyttää moottorivenettä, koska sillä ei olisi saatu lauttoja riittävän lähelle. Hinaus tehtiin rannalla olevalla 10 tonnia painavan Caterpillar D 4-puskutraktorin vinssillä. Vinssin vetovoima on 13 600 kg. Alkuvaiheessa vinssissä oli 150 metriä (Ø 1,5 cm) vaijeria, joka kuitenkin todettiin epäkäytännölliseksi, sillä vaijerin vienti moottoriveneelläkin lautalle ja sen jatkaminen oli työlästä. Kun vaijerin tilalle vaihdettiin tuuman vahvuisen nailonköysi, voitiin kiinnityskoukut viedä lautalle jopa soutamalla perämoottorin lakkoillessa. Lisäksi päästiin vaijerin jatkamistarpeesta. Nailonköysi kesti vedon hyvin, sillä turpeeseen painetut kiinnityskoukut tulivat turpeen läpi ennenkuin köysi olisi katkennut.

Kiinnityskoukkuina käytettiin kahta erillistä harjateräksestä taivutettua koukkuja, joiden hyötypituus oli 0,8 m. Koukut oli kiinnitetty 3 m:n pituisiin vaijereihin, jotka yhdistettiin lenkillä vetoköyteen. Koukut heitettiin turpeen läpi ja aloitettiin varovainen hinaus. Piipsjärven turve on enimmäkseen rahkaturvetta ja se todettiin paljon hauraammaksi kuin esimerkiksi Kortteisen tekojärven turve. Koukut

tulivat yllättävän helposti turpeen läpi lautan vastatessa pohjaan tai ollessa osittain kiinni pohjassa. Lautta repesi tällöin pienempiin osiin ja koukut jouduttiin kiinnittämään uudelleen. Koukkujen kiinnityksessä havaittiin, että paras tulos saavutettiin asettamalla koukut lautan vinssin puoleiseen reunaan huolimatta siitä, että tällöin koukun läpituloetäisyys oli lyhyt. Kun koukut asetettiin lautan keskelle tai uloimmaiseen reunaan, lautta joutui hinattaessa helposti pohjakoukettuksen yhteydessä rullautuvaan liikkeeseen, jolloin lautan etureuna kiertyi lautan alle ja lisäsi turvepaksuutta entisestään. Lauttojen paksuus on 0,3-0,9 m, joten ne jäivät usein 15-30 m:n etäisyydelle rantaviivasta.

Hinatut lautat eivät useinkaan irronneet säännöllisinä 20 x 10 m²:n lauttoina, vaan ne olivat epämääräisen muotoisia johtuen alueen epäyhtenäisyydestä ja lauttojen repeämisestä. Sahausalueen ylösnoussut reuna vaikeutti hinaamista, vaikka sillä kohdin vesisyvyys olikin riittävä. Kaikin paikoin todettiin jääsahan ulottuneen pinnassa olleen turpeen läpi.

Vinssissä käytettiin hinausnopeutena 400-700 m/h riippuen koukkujen pysyvyydestä ja vesisyvyydestä. Hinauksen aloitus ja matalalle ranta-alueelle tulo tapahtui hitaammin. Lauttojen hajoaminen, pohjaan tarttuminen sekä pusku- ja traktorin siirto vapaaseen kohtaan vei aikaa. Keskimääräinen lauttakoko oli 200 m² ja keskimääräinen lauttamäärä työvuorossa 5 kappaletta. Hinaustyön kustannukset muodostuivat syyskuun loppuun mennessä seuraaviksi:

Turvelauttojen hinaus	30 340 mk
Työvälineet ja tarv.	2 085
Sos.toiminta	6 263
Toimisto + tekn.kust.	7 794
Henkilösivukust.	7 602
	<hr/>
	54 084 mk

Lauttoja hinattiin yhteensä 22 390 m², joten hinaustyön kustannukseksi saadaan 24 150 mk/ha. Yhden 200 m²:n lautan hinaushinnaksi tulee tämän mukaan 483 mk, joten se on yli 7-kertainen verrattuna Kortteisen tekojärven vastaavaan neliömäärään. On huomattava, että useimpia lauttoja jouduttiin hinaamaan kahdessa tai kolmessakin eri vaiheessa niiden hajo- tessa palasiksi pohjaan tarttumisen takia.

3.25 L ä j i t y s

3.251 Yleistä

Turvelauttojen rantaan hinaaminen edellyttää samanaikaisesti tapahtuvaa rannalle nostoa, jotta lautat eivät jäisi liian kauas rannasta. Ihanteellisin turvelauttojen nostopaikka on

pitkä patopenger, jonka luiskiin ja taakse turve voidaan läjittää. Luiskissa turve soveltuu kasvualustaksi, joten turpeen poistolla voidaan parantaa tekojärven järvi- ja ranta- maisemaa. Tarpeen vaatiessa turve kannattaa kuljettaa läjitysalueelta vasta sen kuivuttua.

Matalilla rannoilla turve voidaan törmittää siten, että turpeesta tehdään uutta rantatörmää tai muodostetaan tekoniemiä. Tällaisilla alueilla on usein vaikeutena koneiden liikkuminen maapohjan pehmeiden takia. Turvelautat voivat hinattaessa jäädä kaivukoneen ulottumattomiin. Käyttämällä koneen alla lavoja tai tekemällä turpeesta erityisiä nostolaitureita voidaan ulottuvuutta lisätä. Lopullinen rannan muotoilu voidaan tehdä turpeen kuivuttua. On huomattava, että turve painuu huomattavasti kokoon veden poistuessa siitä.

3.252 Kortteisen tekojärvi

Kortteisen tekojärvellä turvelauttoja nostettiin järven länsipäässä sijaitsevan padon luiskiin ja takana sijaitsevalle läjitysalueelle. Läjitysalueen pinta-ala oli n. 1 ha. Alue oli padolta poispäin viettävä, minkä seurauksena n. 200 metrin matkalle kasattu turve valui omalla painollaan täyttäen lähes koko läjitysalueen ilman mitään muita toimenpiteitä.

Turpeen rannalle nostossa käytettiin R B-38 laahakauhalle varustettua kaivukonetta, joka työskenteli kahdessa vuorossa hinaustyön ollessa normaalivuorossa. Työvuoron aikana ehdittiin hyvin hinata kaivukoneen kahden vuoron aikana tarvitsema turvemäärä. Kaivukoneen 2 m³:n laahakauha oli muunnettu paremmin turpeen nostoon soveltuvaksi tekemällä kauhan perään reikiä, joista vesi pääsi valumaan pois kauhaa nostettaessa. Kauhan neljästä kynnestä kahta keskimmäistä oli jatkettu, mikä helpotti isojen turvepalojen pysymistä kauhassa. Lisäksi kauhan leikkaavat sivuseinät oli teroitettu turvepalojen irrottamisen helpottamiseksi.

Kaivukoneen ulottuvuus on n. 20 metriä koneen heittäessä kauhan. Kauhalla voitiin vetää suuriakin lauttoja padon viereen johtuen turpeen sitkeydestä. Kunkin lautan läjityksen edistyessä sitä vedettiin lähemmäksi. Kauhan tilavuus on 2 m³, mutta turvelauttoja nosteltaessa kauhan keskimääräinen turvemäärä oli 1,3-1,5 m³itd. Kaivukoneen keskimääräinen nostokapasiteetti oli 89 m³itd/h, mikä vastaa n. 1 420 m³itd päivässä. Kaivukoneella päästiin nyt parempiin työsaavutuksiin kuin aiemmin esimerkiksi Uljuan tekoaltaalla, koska turvetta oli jatkuvasti saatavilla.

Elokuun alusta syyskuun 25. päivään mennessä läjitettiin turvetta yhteensä 40 370 m³itd. Läjituksen kustannukset muodostuivat seuraaviksi:

RB-38-kaivukone 454 h x 140 mk/h	63 560,00 mk
Työnjohto	6 090,30
Korj. + tarvikkeet	407,50
Korvaus läjitysalueesta	3 000,00
	<hr/>
	73 057,80 mk
<u>Yhteiskustannukset</u>	
Työnjohto sos.kust.	1 184,55 mk
Sähkö + asuntov.	1 140,20
Siivous	695,13
Tstokustannukset	3 617,87
	<hr/>
	6 637,75
Yhteensä	<u>79 695,55 mk</u>

Läjitys tuli maksamaan 1,97 mk/m³itd ja 10 000 mk hinattua turvehehtaaria kohti. Hinauksen ja läjityksen kustannuksiksi yhteensä saatiin 2,62 mk/m³itd (13 300 mk/ha). Kun tähän huomioidaan vielä talvella tehty sahaus (1 700 mk/ha), saadaan sahaus-hinaus-läjitysmenetelmän kokonaiskustannuksiksi Kortteisen tekojärvellä 15 000 mk/ha. On huomattava, että Kortteisen tekojärvellä on erittäin suotuisat olosuhteet juuri tämän menetelmän soveltamiseen.

3.253 Uljuan tekoallas

Uljuan tekoaltaalla pääasiallinen turpeen poistomenetelmä on ollut turpeen nosto kaivukoneella padolta. Turvelauttoja ei ole tarvinnut hinata kauempaa tuulen painaessa ne patoja vasten. Lähellä olevia lauttoja on hinattu moottoriveneellä tai padolla olevalla vinssillä kaivukoneen ulottuville.

Vuonna 1974 turvelauttoja nostettiin Landsverk KL-250-merkkillä kaivukoneella, jonka kapasiteetti oli n. 60 m³itd/h ja kustannus n. 4,80 mk/m³itd. Vuosina 1977-1980 on turvetta nostettu Ruston Bucyrus-38-kaivukoneella, jossa on rei'itetty 2 m³:n laahakauha. Keskimääräiset rannalle nostokapasiteetit olivat 65, 74, 65 ja 82 m³itd/h ja vastaavat kustannukset 4,40, 5,70, 3,50 ja 3,90 mk/m³itd. Kaikkiaan näinä neljänä vuotena Uljuan tekoaltaalla on nostettu 114 462 m³itd turvetta, joka on tuulen mukana ajalehtinut patojen läheisyyteen. Turpeella on suojattu allasta ympäröivien patojen luiskia yhteensä n. 7 km:n matkalla.

3.254 Piipsjärvi

Piipsjärvellä sahatut turvelautat hinattiin lähimpään rantaan, jossa niistä tehtiin käyttökelpoisempaa ranta-aluetta. Rannan mataluuden takia lautat jäivät 15-30 m:n etäisyydelle rantaviivasta. Tämä vaikeutti kaivukoneen työskentelyä, sillä se olisi joutunut ajamaan veteen ulottuakseen lauttoihin. Pohjamaa ranta-alueella oli kovapohjaista hietaa, joka kantoi

hyvin 10 tonnin painoisen puskutraktorin. Kaivukoneena käytetty 20 tonnin Lokomo T 320 sensijaan teki itselleen pensaista ja turpeesta noin 30 m:n välein sitä kannattavia 20 m pitkiä matalia penkereitä. Pohjamaa olisi kestänyt koneen painon leveiden (1,2 m) telojen ansiosta ilman penkereitäkin, mutta työn edistyessä pehmeä turvemassa olisi ollut liikkumisen esteenä. Tällöin olisi vaihtoehtoisesti voitu käyttää lavoja. Turvelautat hinattiin penkereiden välissä oleviin altaisiin, josta ne edelleen nostettiin taaemmas penkereiden väliin. Hinaus- ja nostotyö tapahtui yhdessä siten, että kaivukoneen nostaessa turvetta jostakin altaasta puskutraktori veti turvelauttoja tyhjään altaaseen.

Työssä käytetty hydraulinen laahakaivukone soveltuu sinänsä turvelauttojen nostoon, mutta koneessa käytetty normaali $0,75 \text{ m}^3$:n kauha ei tähän työhön sellaisenaan sovellu. Koska kauha oli umpinainen, oli sen täyttäminen vaikeaa veden heilahdellessa kauhassa edestakaisin. Kauhan kynnet olivat liian lyhyet ja suuaukko liian kapea, mikä aiheutti vaikeuksia pittää irrotettu turvepala kauhassa. Keskimääräinen turvemäärä oli $0,3 \text{ m}^3$ itd nostoa kohti, jolla kapasiteetiksi saatiin $25\text{--}30 \text{ m}^3$ itd/h. Puomin pituus oli 14 m.

Kaikkiaan turvelauttoja nostettiin syyskuun loppuun mennessä $8\,672 \text{ m}^3$ ja läjityskustannukseksi saatiin $3,40 \text{ mk/m}^3$ itd. Läjitys tuli maksamaan 13 180 mk hinattua turvehehtaaria kohti. Hinauksen ja läjityksen kustannus yhteensä oli $9,6 \text{ mk/m}^3$ itd ($37\,330 \text{ mk/ha}$). Kun tähän huomioidaan vielä talvella tehty sahaus ($3\,770 \text{ mk/ha}$) saadaan sahaus-hinaus-läjitys-menetelmän kokonaiskustannuksiksi Piipsjärvellä $41\,100 \text{ mk/ha}$.

3.26 P a i n o t u s

3.261 Painotusmenetelmä

Kuten turvelauttojen paloittelussakin käytetään painotuksessa jään kantavuutta hyväksi. Painotettava alue tai painotuskaistat ja tarvittavat jäätiet aurataan lumesta ajoissa ennen painotus, jotta ne ehtivät jäätyä. Tarvittaessa jäätymistä voidaan edistää ajamalla alueelle vettä. Aurauskalustona käytetään auralla varustettua traktoria tai kuorma-autoa.

Painotusmateriaali valitaan sen saatavuuden, kuljetusetiisyyden ja soveltuvuuden mukaan. Talvella helpoimmin työstettävää on hiekka, mutta myös karkeampia materiaaleja voidaan käyttää. Kuormausta suoritetaan materiaalin mukaan siihen soveltuvalla kalustolla ja kuljetus jään kestosta ja kuljetusetiisyydestä riippuen traktoreilla tai kuorma-autoilla. Materiaali pyritään levittämään kuorman suuruudesta ja kaistaleveydestä riippuvalle matkalle. Apuna levityksessä käytetään puskulevyllä varustettua traktoria, jolla materiaali saadaan levitettyä melko tarkasti haluttuun paksuuteen. Pai-

notuksen jälkeen voidaan esimerkiksi joka toinen kaistaväli naveroida jääsahalla auki tai koko painotusalue ympäröidä naverolla muusta turvealueesta. Painotustyön jälkeen suoritetaan alueen merkitseminen seurannan helpottamiseksi.

3.262 Tarvittava painotus

Turvelautan upottamiseksi tarvittava paino riippuu turvelautan paksuudesta ja märkätilavuuspainosta. Turvelautan märkätilavuuspaino on pienempi kuin veden tiheys eikä turvelautta ole tasapainossa kelluessaan pinnalla. Jotta turpeen tilavuuspaino saataisiin nousemaan kriittiseen arvoon 1, on tarvittava paino neliölle

$$P = h_n \times \rho_n = h_t(\rho_v - \rho_t),$$

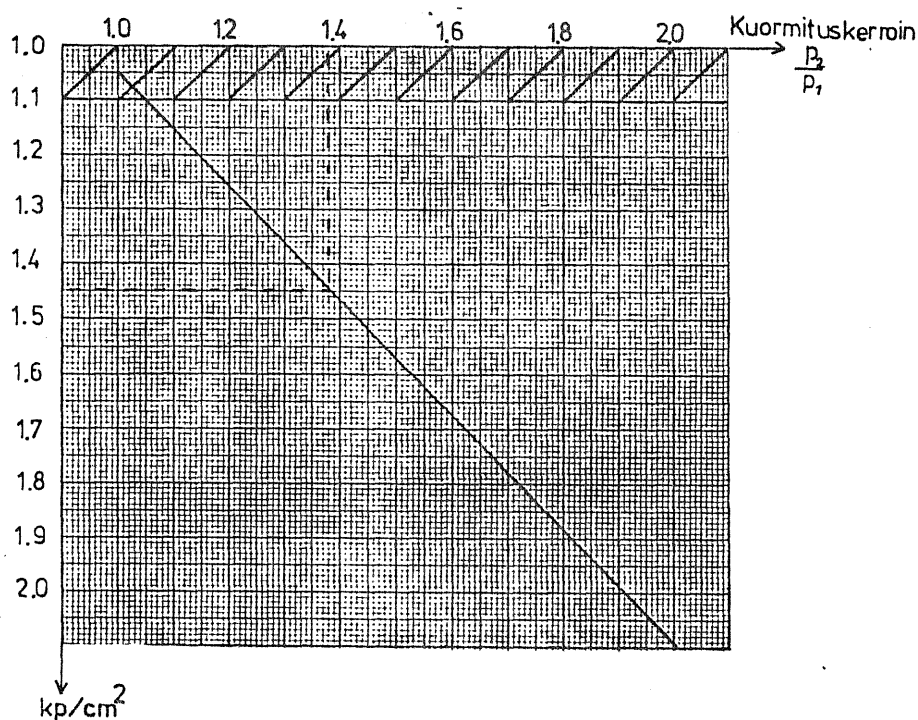
jossa h_n = painotusmateriaalin paksuus m
 ρ_n = painotusmateriaalin tehokas tilavuuspaino kg/m^3
 h_t = turvelautan paksuus m
 ρ_v = veden tiheys kg/m^3
 ρ_t = turpeen tilavuuspaino kg/m^3

Kaava edellyttää, että turpeen tilavuuspaino tunnetaan, mutta käytännössä ei turvelautan tilavuuspainoa määritetä painottamista varten sen lämpötila- ja paineriippuvuuden takia. Kun oletetaan, että turvelautan tilavuuspaino on 950 kg/m^3 , on tarvittava paino kriittisen arvon saavuttamiseksi metrin paksuisella turvelautalla 50 kg/m^2 . Tämän lisäksi on otettava huomioon painotusmateriaaliin vaikuttava noste. Mineraalimaiden tehokkaat tilavuuspainot on TVH:n maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeiden I mukaan esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kivennäismaalajien keskimääräiset tilavuuspainot sekä veden ylä- että alapuolella.

Maalaji	Vedenpinnan yläpuolella $\rho(\text{tn/m}^3)$	Vedenpinnan alapuolella $\rho'(\text{tn/m}^3)$
Louhekinäyte	1.6-1.8	1.0-1.1
Sora	1.7-1.9	1.1
Hiekka	1.7-1.9	1.1
Hieta	1.7-1.9	1.1
Hiesu	1.7-1.9	1.1
Savi	1.5-1.9	0.5-1.1
Moreeni	1.9-2.1	1.1-1.2

Esimerkiksi kriittisen arvon saavuttamiseksi tarvittava hiekkakerroksen paksuus on metrin paksuisella lautalla $50/100 = 0,045$ m. On huomattava, että kriittisen arvon saavutettuaan turvelautta vielä kelluu ja sen upottamiseen tarvitaan lisäpainoa. Koska painotus tehdään tavallisesti talvella ja turvelautta uppoaa heti jäiden sulettua, ei lämpötila ehdi vaikuttaa turpeen tilavuuspainoa pienentävästi, joten se voidaan jättää huomioon ottamatta. Kuten kohdassa 3.13 todettiin, vaikuttaa paineen vaihtelu turpeen tilavuuspainoon siten, että turpeessa oleva kaasu laajenee pinnalle noustessa. Turvelauttaa upotettaessa kaasu puristuu pienempään tilaan paineen noustessa ja upottamiseen tarvittava paino on riippuvainen vesisyvyydestä. Kuvassa 12 on esitetty turvelautan keskimääräisen kaasutilavuuden Boylen lain mukainen riippuvuus veden syvyydestä. Koska juuri ja juuri kelluvan turve-



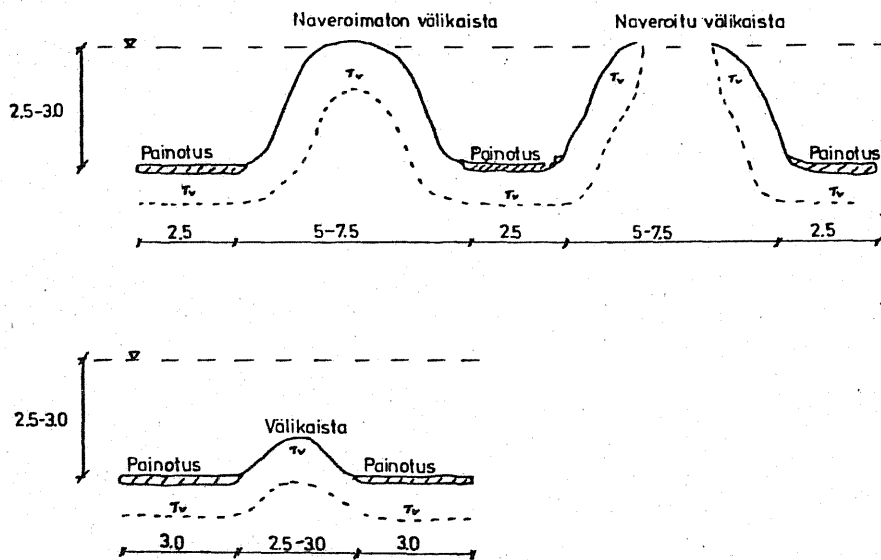
Kuva 12. Turvelautan keskimääräisen kaasutilavuuden riippuvuus veden syvyydestä Boylen lain mukaan.

lautan upottamiseksi tarvittava paino on suoraan verrannollinen kaasutilavuuden puristumiseen, saadaan minimikokonaispainotus kertomalla tasapainotilanteeseen pääsemisen edellyttämä kuorma veden syvyydestä riippuvalla kertoimella.

Esimerkiksi 5 m:n syvyyteen upotettaessa metrin paksuista lauttaa tarvitaan $1,38 \times 50 \text{ kg/m}^2 = 69 \text{ kg/m}^2$, mikä vastaa 0,063 m:n hiekkapaksuutta. Käytännössä voidaan metriä ohuemmilla turvelautoilla ottaa kertoimeksi vähintään 1,5 (75 kg/m^2), jolloin saadaan lisävarmuutta turpeen pohjassa pysyttämiseksi. Paksummilla lautoilla saadaan tarvittava painotusmäärä kertomalla 75 kg/m^2 turpeen paksuudella. Turpeen poh-

jassa pysymistä edistää lisäksi paineen kasvaessa tapahtuva kaasun lisääntyvä liukeneminen veteen.

Painotus voidaan tehdä yhtenäisenä koko painotettavan alueen kattavana, mutta kustannussyistä se on yleensä tehty kaistapainotuksena. Kaistaleveytenä käytetään kuljetuskaluston mukaan 2,5-3,0 metriä. On todettu, että yli 3 m leveät kaistavälit eivät pysy pohjassa, vaan välit nousevat painotuskohdan pysyessä pohjassa. Käyttämällä kaistavälinä 3 metriä tai pienempää voidaan painotuksella saada myös välit pysymään pohjassa. Kuvassa 13 on kaaviollinen esitys painotuksen vaikutuksesta eri kaistaväleillä.



Kuva 13. Painotuksen vaikutus eri kaistaväleillä.

Painotettu kaista voidaan naveroida irti, mutta on todettu, että tällainen kaista voi pyörähtää ympäri, jos painotus on epätasainen tai turvepaksuus vaihtelee huomattavasti. On myös todennäköistä, että jos kaistavälit naveroidaan auki, niin niiden puolikkaat helpommin kääntyvät pinnalle kuin yhtenäinen väli. Naveroinnilla on pyritty myös helpottamaan kaasun poistumista, mutta turpeen rakenteesta johtuen se jää vähäiseksi. Jos painotettu alue rajoittuu painottamattomaan turvelauttaan, voidaan alue naveroida irti tästä, jotta se ei kohoittaisi painotetun alueen reuna-alueita. Vaihtoehtoisesti voidaan reunakaistoja ja kaistojen päitä painottaa enemmän kuin muita.

3.262 Painotuskokeita

Kortteisen tekojärvi

Kortteisen tekojärvellä tehtiin vuonna 1971 työntutkimus turpeen jyrseinnästä traktori + KOPO-naverohyrsin yhdistelmällä (kts. 3.234). Tarkoituksena oli verrata menetelmän kustannuksia samanaikaisesti tehtävän painotuskokeen kanssa. Painotus tehtiin 10 ha:n alueella kaistapainotuksena kaistaleveyden ollessa 2,5 m ja kaistavälin 7,5 m. Ennen kuorma-autoista tapahtuvaa soran levitystä painotuslaue oli aurattu jääty-mään. Painotuskaistoille levitettiin n. 8 cm soraa, joka koko alueelle levitettynä oli vastannut n. 2 cm:n sorapaksuutta. Kustannusosuudet jakaantuivat seuraavasti:

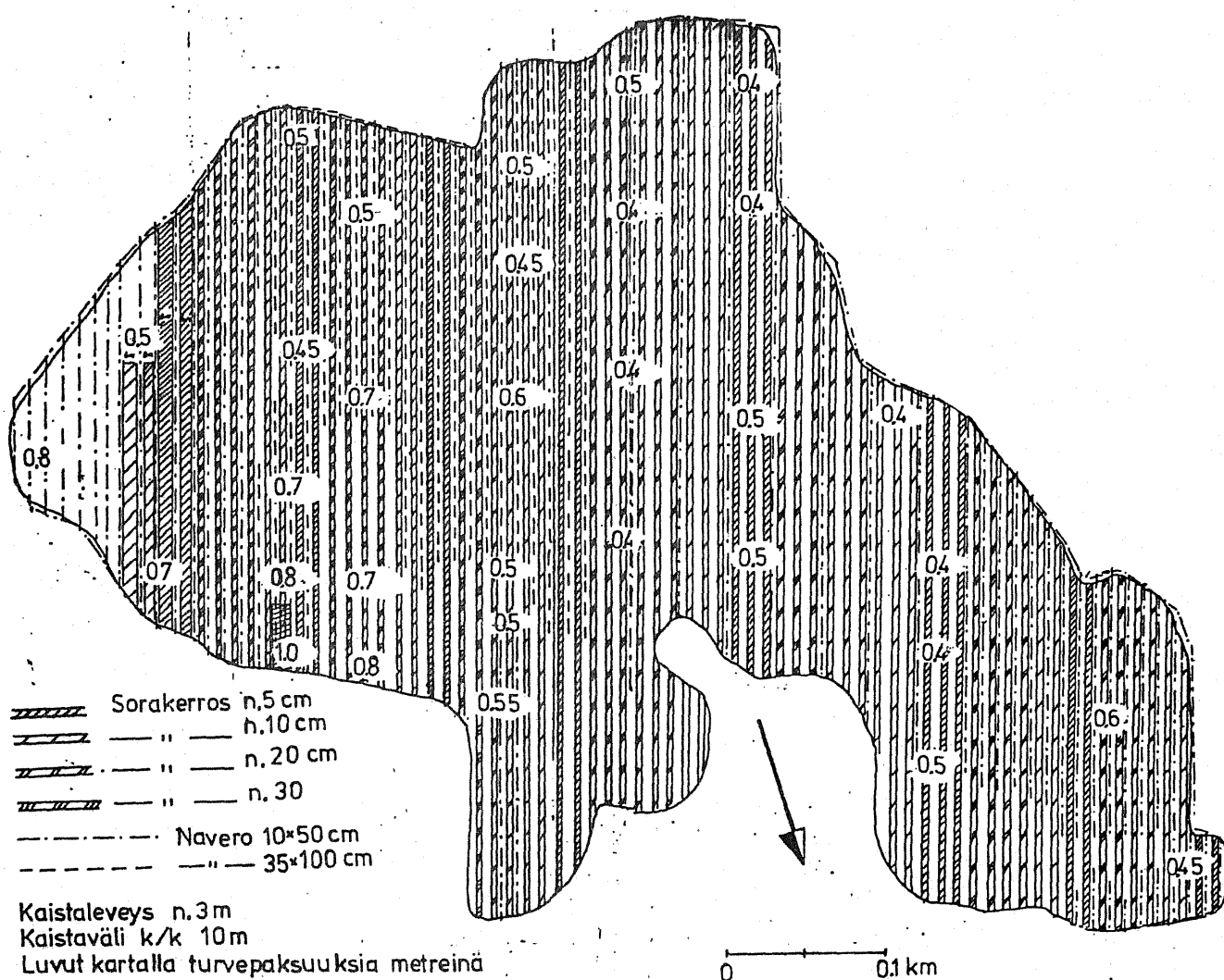
Materiaali 2 000 m ³ itd	6,7 %
Kuormaus - " -	15,2
Kuljetus -"-	45,5
Tasaus-, jäädytys- ja auraustyöt	12,6
Miestyöpalkat	20,0

Ottamalla huomioon yhteiskustannukset saadaan painotuskustannuksiksi 3 545 mk/ha ja kun tähän lisätään kaistavälien naverointi (2,00 mk/m), saadaan 5 945 mk/ha. Kustannusvertailussa voidaan todeta pelkän painotuksen hehtaarikustannusten olevan yhtä suuret kuin naverojyrsimellä 15 x 15 m²:n ruutuihin paloittelun alueen.

Seuraavana kesänä havaittiin, että leveästä kaistavälistä johtuen vain sorapatjojen kohdat olivat painuneet veden alle ja muu osa turvelautoista ulottui edelleen pintaan saakka. Tätä seuraavana kesänä myös painotuskohdat nousivat pintaan johtuen ilmeisesti liian vähäisestä painotuksesta ja liian leveästä kaistavälistä.

Vuonna 1973 Kortteisen tekojärvellä painotettiin 18,7 ha:n alue siten, että sora levitettiin 5, 10, 20 ja 30 cm:n paksuisiin ja 3 m leveisiin kaistoihin. Kaistaväli oli 7,0 m. Osalle aluetta kaistaväleihin ajettiin kuvan 14 mukaiset naverot naverojyrsimellä. Turvepaksuus vaihteli alueella 0,4-1,0 m. Kustannusosuudet jakautuivat seuraavasti:

Sora, kuormaus, kuljetus ja levitys 10 773 m ³ itd	76,0 %
Ajoteiden aukaisu ja kunnossapito	8,7 %
Aputyöt	7,2 %
Naverointi jyrsimellä	4,7 %
Työnjohto	3,4 %



Kuva 14. Vuonna 1973 Kortteisen tekojärvellä tehty painotus.

Yhteiskustannukset huomioituna hehtaarikustannus oli 12 300 mk/ha. Tässäkin kokeessa voitiin myöhemmin todeta kaistavälin olleen liian leveän. Vielä vuonna 1980 heinäkuun puolivälissä otetussa ilmakuvassa on nähtävissä noin puolella painotusaluetta selvä välikaistojen kelluminen pinnalla. Alue näkyy rikkonaisena "sarkoihin" jakautuneena eikä siinä voida todeta painotustavasta johtuen eri painotuspaksuuksien vaikutusta, mutta paksuturpeisella (0,7-1,0 m) alueilla esiintyy selvästi enemmän turvetta pinnalla kuin ohutturpeisilla (< 0,7 m).

Edellisen kokeen yhteydessä kokeiltiin myös sellaista painotusta, jossa 0,66 ha:n alueella lauttaa painotettiin kaivamalla osa lautasta painoksi terveelle lautalle. Turvelautan paksuus oli 0,6-0,8 m. Rauta rikottiin naverojyrsimellä ja sen jälkeen turve kaivettiin traktorikaivurilla lautalle. Kustannukset oli 16 850 mk/ha. Menetelmä on suhteellisen kallias eikä se turvelauttojen hävittämiskeinona vakuuttanut, sillä kaivettu turve lähti avoveden aikaan ajelehtimaan ja alla oleva turve nousi pintaan.

Piipsjärvi

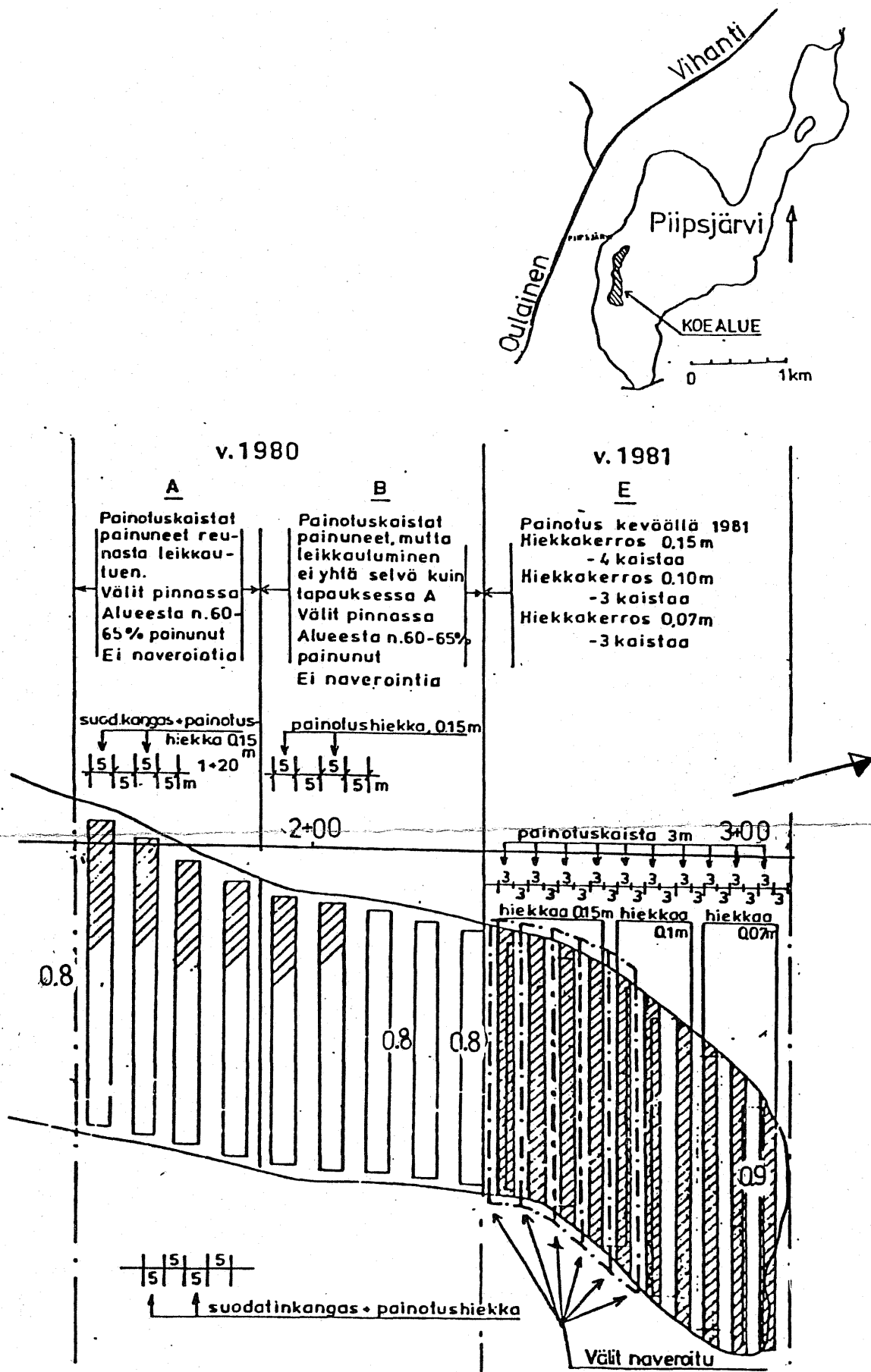
Oulaisten Piipsjärvellä painotettiin keväällä 1980 0,76 ha:n suuruinen turvelautta-alue. Painotuskoe tehtiin kuvan 15 mukaan. Kalustona oli traktorit ja traktorikaivuri. Kuvan 15 alue A painotettiin 5 m:n levyisillä kaistoilla, joiden suunniteltu paksuus oli 0,15 m. Hiekkakerros eristettiin turpeesta suodatinkankaalla. Kaistaväli oli 5 m ja turvepaksuus 0,85 m. Viereinen alue B painotettiin samalla tavalla ilman suodatinkangasta. Kummallakaan alueella ei tehty kaistavälien naverointia. Kesällä todettiin, että painotuskaistat olivat painuneen reunasta leikkautuen, mutta välikaistat olivat pinnassa kummallakin alueella. Kummastakin alueesta oli painunut n. 60-65 %.

Kuvan 9 alue C (sivu 38) painotettiin myös 0,15 m:n paksuisella hiekkakerroksella, mutta kaistan leveys ja kaistavälit olivat 3 m. Kaistavälejä ei tälläkään alueella naveroitu. Turvepaksuus tällä alueella oli keskimäärin 1,1 m. Kesällä havaittiin, että painuminen oli tasaista koko alueella ja veden alla oli 85-90 % koko alueesta. Vain pieniä erillisiä turvelauttoja (3-10 m²) oli pinnalla. Näiden kolmen painotusalueen kustannukset oli yhteensä seuraavat:

Hiekka 1 290 m ³ itd	2 863 mk	
Kuormaus ja tasaus	4 187	
Ajokustannukset	9 788	
Terrakangas + rahti	4 353	
Lumityöt	2 391	
Kuljetukset	898	24 480 mk
<hr/>		
Työnjohto	1 780	
Paalutustyö	8 216	
Kuormien vastaanotto	6 657	
Toimistohenk. kust.	3 512	
Emännän palkka	1 282	21 447 mk
<hr/>		
		45 927 mk
		=====

Painotuskustannus pinta-alaa kohti oli 6,04 mk/m². Kokeen yhteydessä voitiin todeta kapean kaistavälin olevan selvästi tehokkaampi painotuksen onnistumisen kannalta. 3 m:n kaistapainotukseen tarvitaan hehtaarille 0,15 m:n paksuisella painotuksella vain 15 m³ enemmän hiekkaa kuin 5 m:n kaistapainotukseen.

Kuva 15. Piipsjärven painotuskoealueet.



Vuonna 1981 Piipsjärven turvelauttojen painotuskokeilu suoritettiin maaliskuun lopulla jään kantavuuden ollessa hyvä. Painotettu alue E näkyy kuvassa 15 olevan turvelautan pohjoisosassa. Turvepaksuus alueella on keskimäärin 0,85 m. Ennen painotusta painotuskaistat aurattiin lumesta samoin kuin alueelle johtava tie. Painotusmateriaalina jouduttiin käyttämään hienoa hiekkaa karkeamman materiaalin saannin ollessa vaikeaa. Hiekan kuivatilavuuspaino minimitiiveydellä laboratoriossa mitattuna oli $1,57 \text{ t/m}^3$. Hiekka kuljetettiin 3 km:n päästä neljällä traktorilla (á 55 mk/h), joiden kuormat olivat 2,5-3,0 m^3 . Kuormajana oli traktorikaivuri (65 mk/h). Hiekka pyrittiin levittämään 0,15 m:n, 0,1 m:n ja 0,07 m:n paksuisiin kaistoihin (kuva 16). Kunkin painotuspaksuuden mukaan määritettiin kaistan osan pituus, jolle kuorma tuli levittää. Traktorieden kippilaite ei kuitenkaan soveltunut tähän, sillä kuorma valui usein yhteen kasaan, josta se pyrittiin levittämään haluttuun paksuuteen. Koko painotusalueelle levitettyä hiekkamäärä 298,5 m^3 vastaisi 0,07 m:n vahvuista, kun painotus oli tehty, kuvaan 15 merkittyjen painotuskaistojen välit ja päädyt aurattiin ja sahattiin ketjuleikkurilla auki. Painotuskaistojen (10 kpl) pituudet ovat keskimäärin 70 m ja koko alueen pinta-ala 0,42 ha. Painotuskokeen kustannukset olivat seuraavat:

Miestyö	9 503,50 mk
Painotushiekan kuorma, ajo ja levitys 298,5 m^3 itd	7 970,25
Hiekka 298,5 m^3 itd	447,75
Välikaistojen sahaus 474 m	237,00
Lumen auraus	6 157,50
Sos. ym. kustannukset	3 474,76
	<hr/>
	27 790,76 mk

Kustannukset pinta-ala kohti olivat $6,62 \text{ mk/m}^2$ ja turvekuutiota kohti $7,80 \text{ mk/m}^3$. Painotusmenetelmän luonteesta johtuen nämä ovat lopullisia kustannuksia.

Painotusmenetelmässä käytettiin 3 m:n kaistavälejä, koska aiemmissa kokeissa 5 m:n kaistaväli oli osoittautunut liian suureksi väliosien noustessa pintaan. Välikaistojen sahausta kokeiltiin vain osaan painotusaluetta, jotta nähtäisiin sahauksen vaikutus painotuksen yhteydessä.

Toukokuun lopulla jäiden sulettua alue oli täysin painunut. Ainoastaan kaksi alle $1,0 \text{ m}^2$:n lauttaa oli alueella. Heinäkuun alussa voitiin todeta painotusalueen toisessa päässä niillä kohdin, joissa välikaistat oli naveroitu, selvää välikaistojen pintaan nousua n. 6 metrin matkalla. Lisäksi keskellä aluetta oli muutamia $1-1,5 \text{ m}^2$:n suuruisia turvelauttoja, jotka olivat nousseet välikaistan kohdalta. Painotuskaistat sen sijaan pysyivät kaikin paikoin pohjassa.



Piipsjärven painotuskoealue 1981



Painotuskaistojen välikaista aurattu sahaamista varten

Kuva 16. Piipsjärven painotuskoealue.

Syyskuun alussa painotusalueelle ajelehti irtonaisia lauttoja, jotka osittain peittivät alueen. Muuten tilanne painotusalueella pysyi ennallaan.

Lohijärvi

Porvoon maalauskunnassa sijaitsevilla virkistyskäyttöön rakennetulla Lohijärven tekojärvellä on jokaisena rakentamisen jälkeisenä 13 kesänä pintaan noussut turvelauttoja. Nousu on tapahtunut lähinnä entisen suolammen ympäriltä, 60 m:n levyisenä rengasmaisena kaistana. Nousu on ollut selvästi riipuvainen veden lämpötilan vaihteluista siten, että lautat ilmestyvät kesäkuun jälkipuoliskolla ja uppoavat loppusyksyllä itsestään.

Ensimmäisen kerran turvelauttoja painotettiin vuonna 1970, jolloin painotus tehtiin talvella ajamalla 4 100 m²:n alueelle kuorma-autolla jättekiveä noin 0,1 i-m³/m². Kivet pyrittiin levittämään yhtenäiseksi matoksi kumipyöräkuormaajalla. Tämä kivimäärä on ollut riittävä pitämään turvelautat pohjassa. Menetelmä koettiin kuitenkin Etelä-Suomen olosuhteissa työlääksi ja riskialttiiksi, sillä 40 cm:n jääkerros täytyi jäädyttää 60 cm paksuksi ja painotuksen seurauksena jäälle noussut vesi haittasi ajoa.

Myöhemminä vuosina on painotusta tehty lähinnä rannanomistajien talkootyönä ajamalla kesäisin kiviä turvelautan viereen, jossa ne heiteltiin turpeen päälle. Tällä menetelmällä turvelautat uppoavat minimikuormalla eivätkä niistä kaikki ole pysyneet pohjassa. Jättekiven hankalan ja hitaan käsittelyn takia on vuoden 1974 jälkeen ajettu proomulla pelkästään hiekkaa, joka lapioidiin lautalle. Näin ei kuitenkaan minimikuormituksen takia ole saatu turvetta pysymään pohjassa.

Turvelauttojen upottamisesta ei ole tarkkoja kustannustietoja, mutta turveongelmien laajuutta Lohijärvellä kuvanee se, että 13 vuoden aikana on 3,5 ha:n alueella käytetty turvelauttojen upottamiseen 100 000 markkaa talkootyön lisäksi.

3.3 MUUT MENETELMAT

3.31 R ä j ä h d y s a i n e e t

Räjähdysaineita on kokeiltu turvelauttojen hajoittamiseen mm. Kortteisen ja Lohijärven tekojärvillä. Kortteisen tekojärvellä kokeiltiin turvelauttojen hajoittamista talvella olettaen, että räjäyttämällä naverolla ympäröity kenttä, jäänyt turvelautta hajoaisi railoja pitkin palasiksi. Panoksena käytettiin yhtä 500 g:n raivauspanosta reikää kohti. Panosetäisyytenä käytettiin 2, 5, 20 ja 20 metriä. Turvelauttaa hajoittavia railoja ei kuitenkaan syntynyt, vaan panosten kohdalle muodostui avanto. Vaikka railot olisikin saatu syntymään, ne eivät luultavasti oli ulottuneet läpi koko

turvepaksuuden, vaan räjäytys olisi halkaissut ainoastaan kovaksi jäätyneen turpeen pintaosan ja jäätymätön osa olisi jäänyt halkeamatta.

Lohijärvellä kokeiltiin kesäaikana räjäytyksen vaikutusta turvelautan kaasuihin. Tarkoituksena oli räjäytyksen paineaallon avulla pursuttaa turvekaasua vähemmäksi. Koealueena oli $20 \times 20 \text{ m}^2$, joka panostettiin 2 m:n ruutuihin yksi dynamiittipatruuna kuhunkin nurkkaan. Kenttä räjäytettiin sähkösytytyksellä kaikki panokset yhtäaikaan, mutta turpeen uppoamista ei tapahtunut. Turpeen rakenteesta johtuen kaasua ei ilmeisesti pääse poistumaan riittävästi. Tehtyjen kokeiden perusteella räjähdysaineet eivät näytä soveltuvan turvelauttojen hävittämiseen.

3.32 Imuruoppaaja

Turvelauttojen poistamista imuruoppaajalla ei maassamme varsinaisesti ole kokeiltu. Kuitenkin esimerkiksi Vuotson kanavan rakentamisen yhteydessä on saatu jonkin verran kokemuksia imuruoppaajan soveltuvuudesta turvelauttojen poistoon. Kysymykseen tulisi vain leikkuri-imuri-tyyppinen ruoppaaja, jolla maa irroitetaan pyörivällä terällä pohjasta ja pumpataan pinnalla ponttoonien varassa kelluvaa putkea pitkin läjitysalueelle. Pumpun on kyettävä kehittämään imuputkeen alipaine riittävän nopeuden saamiseksi putkeen virtaavalle vedelle ja sen on samalla kehitettävä riittävä ylipaine ja seosnopeus painepuolella, jotta ruopattu maa ei laskeutuisi putken pohjalle.

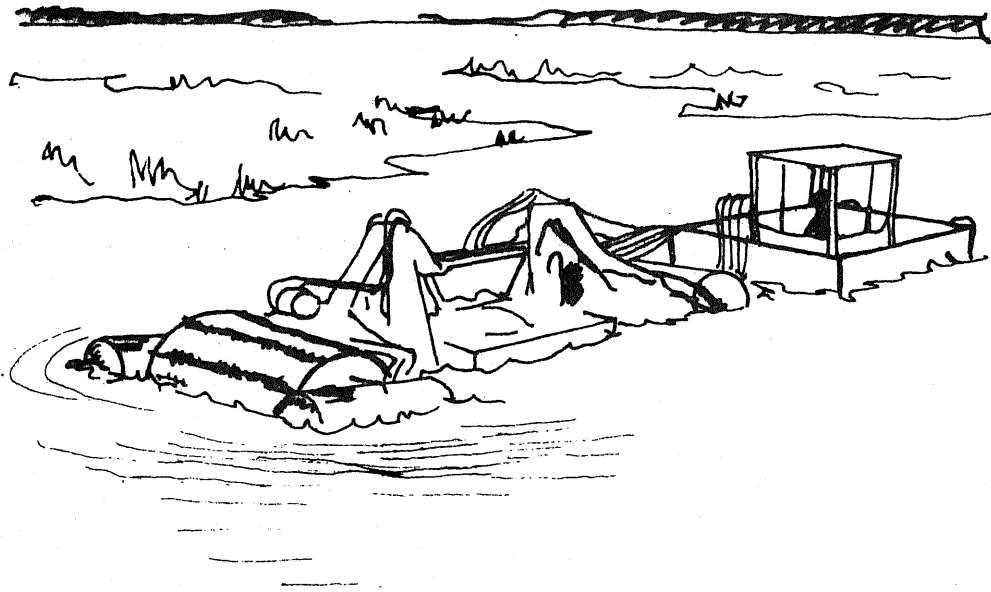
Pinnalla kelluvien turvelauttojen poistoon ei imuruoppaaja aina sovellu, sillä leikkurin ja imuputken on oltava jatkuvasti veden alla toimintahäiriöiden välttämiseksi. Toimintahäiriöitä aiheuttavat myös sitkeät juuret ja oksat, jotka takertuvat pumpun juoksupyörään. Lisäksi tekojärvet ovat usein matalia, mikä taas vaikeuttaa ruoppaajan liikkumista. Vaikka möyhennetyn turpeen pumppaaminen voisikin tapahtua jopa 2,5 km:n päähän läjitysalueelle, aiheuttaisi ruoppaajan siirtäminen turvelautalta toiselle huomattavasti työtä ja kustannuksia, sillä myös paineputkisto olisi joka kerta siirrettävä. Mudan ja liejun ruoppauksessa yksikkökustannukset ovat 12-15 mk/m³ktd. Turvelauttojen imuruoppauksen kustannukset tulisivat vähintään yhtä suuriksi. Ruoppauskaluston siirto tekojärvelle hinaajineen, putkineen ynnä muine tarvittavine laitteineen maksaa vähintään 50 000 markkaa. Lisäksi imuruoppaus edellyttäisi läjitysaltaan tai -alueen tekemistä.

Läjityksen tilantarve määräytyy ruopattavien maalajien perusteella johtuen erilaisesta löyhtymisestä. Käytännössä imuruoppauksissa nyrkkisääntönä on, että allastilavuuden tulee olla vähintään kolme kertaa ruopattavan määrän tilavuus. Normaaliuruoppausteholla olisi altaassa saavutettava vähintään 1 vrk:n viipymä, jotta selkeytyminen ehtisi tapahtua ennen veden takaisin päästöä. Voidaan kuitenkin olettaa, että

ruopattaessa imuruoppaajalla turvepitoista maalajia, tulee veden humuspitoisuus nousemaan. Samennusalueen laajuuteen vaikuttavat ruopattava maalji, veden virtausolosuhteet ruopauskohdalla ja selkeytsaltaan päästöpaikalla sekä alapuolisella vesialueella.

3.33 Sea - dump - ruoppaaja

Sea-dump-ruoppaaja on tarkoitettu lähinnä pohjaruoppaustöihin, mutta koska sen soveltuvuutta pinnalla olevien turvelauttojen käsittelyyn ei tunnettu, kokeiltiin sitä tähän tarkoitukseen kesäkuussa vuonna 1981 Uljuan tekojärvellä (kuva 17).



Kuva 17. Sea-dump-ruoppaaja.

Kokeilussa käytettiin kalustoyhdistelmää, Sea-dump-ruoppaaja - Ruston Bucyrus-laahakauhakone, joista edellinen toi poistettavaa turvetta patopenkereellä olevan kaivukoneen ulottuville. Kaivukone nosti turpeen penkereen luiskaan.

Sea-dump-ruoppaajassa on pohjan ruoppaamista varten kahden sylinterin välissä hydraulisesti toimiva kauha, joka painetaan pohjaan ja täytetään sulkemalla kauhan leuat. Kauha nostetaan ylös ja ruoppaaja tuo kauhallisen kerrallaan veneosassa olevien potkurien työntämänä rantaan. Turvelauttakokeilussa ruoppaajalla oli jonkin verran vaikeuksia saada edessä oleva vetävä sylinteri lautan päälle. Kauhalla irrotettaessa turve ei aina irronnut helposti, vaan palasen irtisaamista vaikeutti juuret ja turpeen sitkeys. Kun kauha painoi turpeen pohjaan, turve leikkautui helpommin. Rantaan kuljetta-

mista hidasti se, että kauhaa ei aina saatu täysin kiinni ja kauhan alapuolella roikkuva turve ja kannot vastasivat pohjaan. Kauhaan kerralla saatu turvemäärä vaihteli 3-3,5 m³.

Ruoppaaja työnsi myös muutamia irtonaisia turvelauttoja rantaan. Rantaan työntämistä vaikeutti vävlän mataluus. Kaikkiaan kokeilun aikana nostettiin rannalle noin 120 m³ turvetta. Koska Sea-dump-ruoppaajan tuntiveloitus oli 300 mk/h ja Ruston Bucyrus-kaivukoneen 150 mk/h, nousi keskimääräinen kuu-tiohinta kaivukoneen kanssa 28 mk/m³ ja ilman sitä 18,5 mk/m³.

Yhteenvedona voidaan todeta, että Sea-dump-ruoppaajalla voidaan turvelauttoja poistaa, mutta taloudellisesti se ei ole edullista eikä se siten sovellu ainakaan turvelauttojen laaja-alaiseen poistoon. Sea-ump-ruoppaajaa voidaan käyttää sellaisilla pienillä ja lähellä rantaa sijaitsevilla turve-alueilla, joilla turpeen poistaminen on välttämätöntä eikä muita edullisempia menetelmiä voida käyttää.

3.34 J ä r v e n k u i v a t t a m i n e n

Järven kuivattaminen on eräs järven kunnostamistapa. Sillä pyritään lähinnä lisäämään järven vesisyvyyttä siihen perustuen, että laskemalla järven pinta sedimenttikerroksien alapuolelle ne tiivistyvät. Tätä voidaan soveltaa erityisesti turve- ja liejumaille, mutta myös savimaille. Jos esimerkiksi turpeen vesipitpisuus alenee 95 tilavuusprosentista 90 tilavuusprosenttiin, sen kokonaistilavuus kutistuu puoleen alkuperäisestä (Kaitera 1963).

Ylivieskan Raudaskylässä sijaitsevan virkistyskäyttöön tarkoitettun Törmäjärven (15 ha) kunnostamisen yhteydessä voitiin todeta kuivatuksen vaikutus kelluviin turvelauttoihin. Turve- ja liejupohjainen järvi kuivattiin kesällä 1979 ja vesi nostettiin uudelleen syksyllä 1980. Tänä aikana järven pohja painui keskimäärin 0,97 m. Eräällä turvelautta-alueella painuminen oli 1,1 m. Tästä huolimatta veden noston jälkeen alueelle nousi turvelauttoja. Turpeen tiivistyminen ei ilmeisesti lisännyt riittävästi turpeen tilavuuspainoa sen pohjassa pitämiseksi. Toisaalta on todettu, että kerran kuivunut turve ei voi saada kokonaan takaisin kerran menettämänsä vesimäärää /1/ ja näin turve mahdollisesti jopa kevenee järven kuivatuksen yhteydessä.

Järven kuivatus ei sinänsä sovellu kelluvien turvelauttojen hävittämiseen, vaan se vaatii lisätoimenpiteinä joko painottamisen tai turpeen poistamisen esimerkiksi talviaikana. Kuivatuksen haittapuolia ovat kalakannan tuhoutuminen ja maise-malliset muutokset. Lisäksi järven pinnan lasku voi alentaa pohjavedenpintaa ja aiheuttaa painumia patopenkereisiin tai muihin lähellä oleviin rakenteisiin.

3.4 ERI MENETELMIEN TEHOKKUUS- JA KUSTANNUSVERTAILUA

Eri menetelmien tehokkuus- ja kustannusvertailussa huomioidaan vain sellaiset menetelmät, joita voitaisiin tulevaisuudessa käyttää turvelauttojen muodostumisen ennalta ehkäisyyn ja kelluvien turvelauttojen hävittämiseen.

Tulevien tekojärvien rakentamisen yhteydessä tulisi jo ennakolta huomioida turpeen nousun aiheuttamat haitat. Turvetutkimuksen perusteella määritetyt todennäköiset nousualueet tulisi eliminoida haitattomiksi käyttämällä turpeen nousun ennalta ehkäiseviä menetelmiä. Näistä paras menetelmä on tekojärvialueen polttoturpeeksi soveltuvien soiden hyväksikäyttö. Polttoturpeen nostoon soveltuvan suon kunnostaminen maksaa 10-15 000 mk/ha. Kunnostamiskustannukset ovat kuitenkin pienet verrattuna siihen, kuinka suuria valuuttasäästöjä kotimaisesta turpeesta saadaan ulkomaisten tuontiöljyä korvaavana polttoaineena. Esimerkiksi turvepelletin myynnissä saatava tuotto on 1,5-kertainen verrattuna kunnostamis- ja tuotantokustannuksiin. Turpeen nostolla voidaan tehokkaasti ehkäistä tulevan tekojärven turvelauttojen muodostumista ja lisätä samalla tekojärven säännöstelytilavuutta.

Koska vain harvat suunnitellut tekojärvialueet tai niiden osat soveltuvat polttoturpeen tuotantoon, täytyy muilla tekojärvialueilla käyttää muita ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä, joista kyseeseen tulee lähinnä painotus. Tehokkain vaikutus saadaan aikaan tekemällä yhtenäinen koko mahdollisen nousualueen kattava painotus. Painotuskustannukset riippuvat lähinnä painotusmaan hinnasta, kuljetusetäisyydestä ja kalustosta sekä kerrospaksuudesta.

Suotuisissa olosuhteissa, jolloin voidaan käyttää painotusmateriaalina läheltä saatavaa hukkamaata ja kuljetuskalustona kuorma-autoja, voidaan päästä n. 40 000 markan hehtaarikustannukseen (Kyrkösjärvi 1981). On huomattava, että ennalta ehkäisevässä painotuksessa voidaan helpommin käyttää kuorma-autoja kuin kelluvien lauttojen painotuksessa, missä kyseeseen tulee lähinnä traktorit. Turvejää ei normaalisti kannata täydessä lastissa olevaa kuorma-autoa, eikä ole kannattavaa jäädyttää koko painotusaluetta vaadittavan 0,7 m:n paksuiseksi vesijääksi. Kuorma-autojen käyttö edellyttää jatkuvaa jään paksuuden kontrollointia.

Traktoreita käytettäessä kustannukset nousevat niiden hitauden ja pienen kuljetuskapasiteetin vuoksi. Traktorilla joudataan ajamaan kolme kuormaa kuorma-auton yhtä kuormaa kohti, jolloin aikaan sidotut kustannukset nousevat lähes kolminkertaisiksi. Vuonna 1981 Piipsjärvellä traktoreilla tehdyn kaistapainotuksen perusteella laskettuna olisi yhtenäisen painotuksen kustannukseksi tullut 131 000 mk/ha.

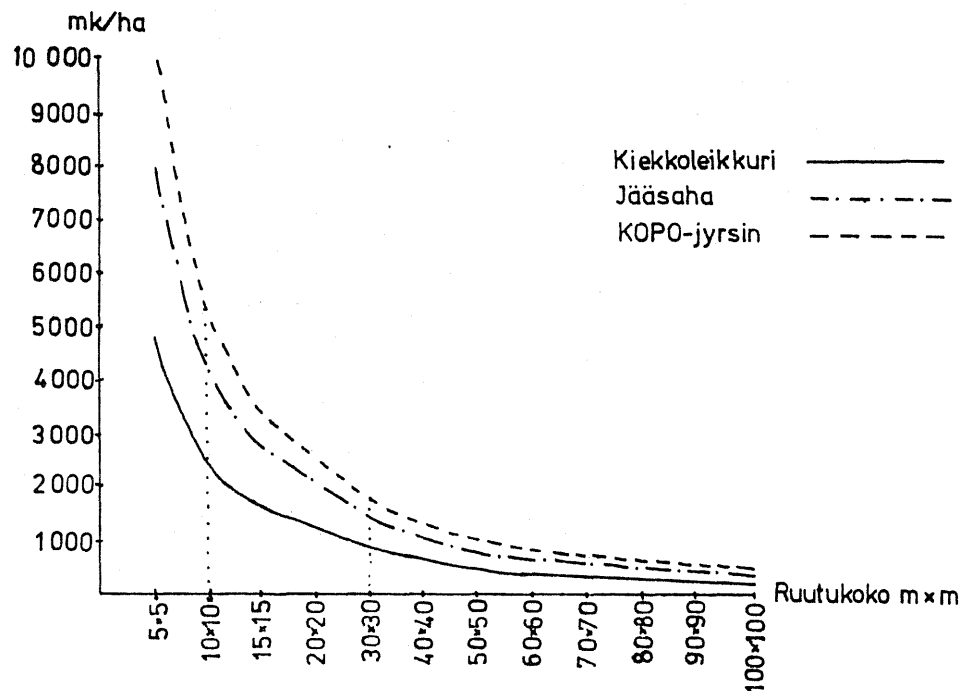
Monien painotuskokeiden perusteella voidaan todeta, että kaistapainotus on kelluvien turvelauttojen upotuksessa epävarma menetelmä. Jospa 3 m:n välikaistoilla tehdyssä painotuksessa on osia välikaistoista noussut pintaan. Tällaisen painotuksen kustannus on traktoreilla tehtynä n. 50 000 mk/ha, joten välikaistan pienentäminen tai painotuksen tekeminen yhtenäiseksi tulee nostamaan kustannuksia tästä ylöspäin riippuen kuljetusmatkasta ja kerrospaksuudesta.

Vaikka kaistapainotus onkin epävarma menetelmä kelluvien lauttojen painotuksessa, voidaan sitä käyttää ennalta ehkäisevässä painotuksessa, kunhan kaistaväli on alle 3 m. Käyttämällä kuorma-autoja materiaalin levitykseen voidaan kustannuksia alentaa.

Ennalta ehkäisevänä toimenpiteenä voidaan käyttää myös ojitus- ta nostamalla kivennäismaata sarkojen reunoille painoksi. Käytettäessä työkonena traktorikaivuria ja sarkaleveytenä k/k 10 m on kustannus n. 3 900 mk/ha. Sarkaleveyden suurentaminen pienentää kustannuksia, mutta lisää myös sarkojen keskiosan pintaan nousun riskiä. Ojituksen käyttökelpoisuus riippuu kivennäismaan syvyydestä siten, että kivennäismaan esiintymissyvyyden ollessa enintään 1,0-1,5 metriä turpeen pinnasta kannattaa ojitusmenetelmää käyttää.

Kelluvien turvelauttojen hävittämisessä kyseeseen tulevat tärkeimmät menetelmät ovat turvelauttojen paloittelu, hinaus ja läjitys sekä yhtenäisenä tehty painotus. Suppeassa turvelauttojen poistossa voidaan käyttää myös Sea-dump-tyyppistä ruoppaajaa.

Turvelauttojen paloittelussa voidaan käyttää jääsahaa, kiekko-leikkuria tai KOPO-jyrsintä. Näistä parhaaksi on suoritetuissa sahauksissa todettu kiekko-leikkuri, jonka sahausnopeus oli keskimäärin 250 mktd/h ja kustannus 1,20 mk/jmtd. Tässä on mukana yhteiskustannukset. Jääsahalla vastaavat arvot on 150 jmtd/h ja 2,0 mk/jmtd sekä KOPO-jyrsimellä 50 jmtd/h ja 2,5 mk/jmtd. Pelkkä sahaus ilman muita kustannuksia oli kiekko-leikkurilla 0,43 mk/jmtd ja jääsahalla 0,50 mk/jmtd. Näistä ainakin jääsahan yksikkökustannuksia voidaan alentaa, sillä sehän oli vasta ensi kertaa kokeiltavana ja on vielä kehittelyn alla. Kuvassa 18 on esitetty eri paloittelukoneiden hehtaarikustannukset yhteiskustannuksineen erikokoisilla ruuduilla.



Kuva 18. Paloittelukoneiden hehtaarikustannukset yhteiskustannuksineen erikokoisilla ruuduilla.

Sopiva ruutukoko on 10 x 10-30 x 30 m² olosuhteista ja hinauskalustosta riippuen. Ruutukokoa suurentamalla voidaan paloittelu- ja hinauskustannuksia alentaa, mutta on pysyttävä käytettävän hinauskaluston asettamissa rajoissa. Esimerkiksi Kortteisen tekojärvellä suurentamalla ruutukokoa 20 x 20 m²:stä 30 x 30 m²:iin voitaisiin alentaa paloittelukustannuksia 400-700 mk/ha riippuen siitä, käytetäänkö kiekkoleikkuria vai jääsahaa. Hinaus voitaisiin tehdä samalla kalustolla hinausajan oleellisesti suurentumatta. Kerralla hinattu turvemäärä tulisi yli kaksinkertaiseksi, joten hinaus saisi kestää kaksinkertaisen ajan yksikkökustannuksen pysyessä vielä samana. Käyttämällä tehokkaampaa hinaajaa ehdittäisiin työvuoron aikana hinata kolme 900 m²:n lauttaa viiden 400 m²:n lautan sijasta. Yksikkökustannus alenisi 1 350 mk/ha.

Kuvassa 19 on esitetty 20 x 20 m²:n lautan hinauskustannuksen riippuvuus hinausmatkasta Kortteisen tekojärvellä.

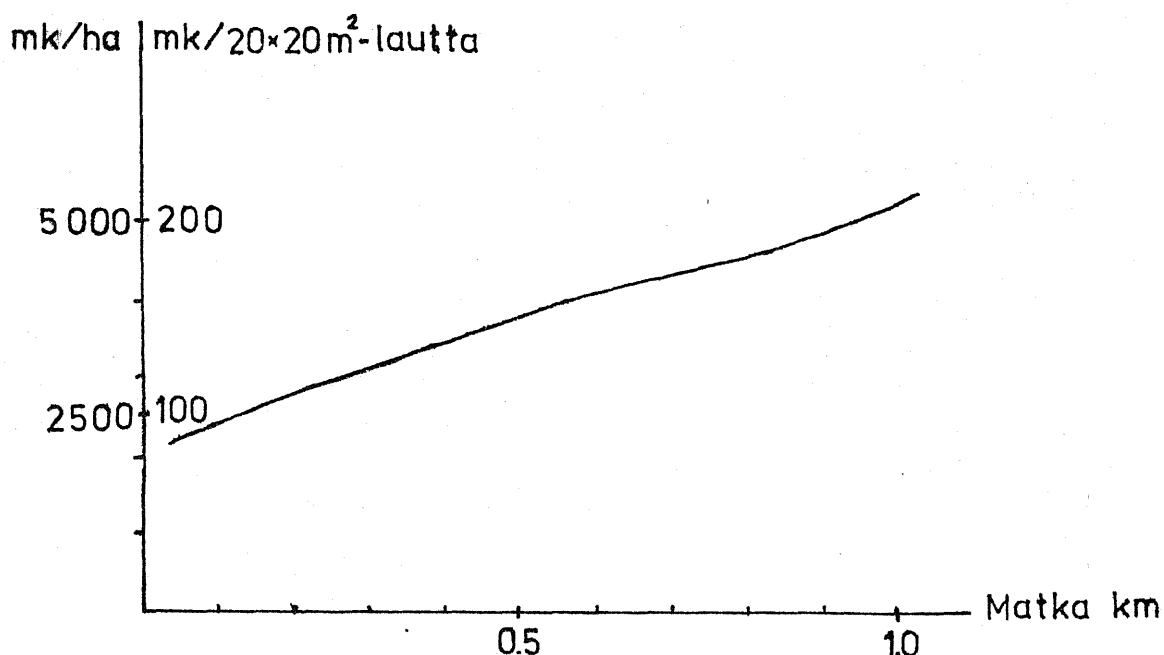
Taulukko 12. Yhteenveto turvelauttojen poistosta Piipsjärvellä ja Kortteisen tekojärvellä vuonna 1981 (syyskuun loppuun mennessä).

PIIPSJÄRVI

	Pinta-ala		Menetelmä	mk/jmtd	Kustannus	
	ha	m ³			mk/m ³	mk/ha
Painotus	0,42		3 m:n kaistat + 3 m välikaista traktoreilla, vahvuus 0,1 m			66 200
Sahaus	4,3		20 x 10 m ² jääsaha	2,50		3 770
Hinaus	2,239		Cat. D4-vinssi rannalla		6,24	24 150
Läjitys		8 672	Lokomo 320 T, laahakauha 0,75 m ³		3,40	13 180
			Sahaus + hinaus + läjitys		10,00	41 100

KORTTEISEN TEKOJARVI

	Pinta-ala		Menetelmä	mk/jmtd	Kustannus	
	ha	m ³			mk/m ³	mk/ha
Sahaus	15,8		20 x 20 m ² - jääsaha - kiekkoleikkuri	2,00 1,20		1 700
Hinaus	7,86	40 370	Meteeor-moottorivene		0,64	3 300
Läjitys		40 370	RB-38 laahakauha 2 m ³		1,97	10 000
			Sahaus + hinaus + läjitys		3,00	15 000



Kuva 19. Hinauskustannuksen riippuvuus hinausmatkasta 20 x 20 m²:n lautalla Kortteisen tekojärvellä v. 1981.

Taulukossa 12 on yhteenveto vuonna 1981 Piipsjärvellä ja Kortteisen tekojärvellä tehdystä turvelauttojen poistamisesta. Piipsjärven turvelauttojen korkea hinauskustannus johtuu yksinomaan rannan mataluudesta. Syvässä vedessä vinssillä olisi päästy huomattavasti parempiin tuloksiin. Läjitykseen sopivan kauhan tehokkuus näkyy selvästi kaivukone RB-38:n hyväksi. Lokomo 320 T-kaivukoneen työskentelyä vaikeutti kauhan soveltumattomuuden lisäksi ajoittainen turvelauttojen puute hinaustyön ollessa katkonaista. Kortteisen tekojärvellä kaivukoneella päästiin parempiin tuloksiin kuin aiemmin Uljuan tekoaltaalla johtuen siitä, että turvetta oli jatkuvasti saatavilla.

Verrattaessa sahaus-hinaus-läjitysmenetelmää painotusmenetelmään voidaan todeta sen olevan varmuutensa lisäksi kustannuksiltaan edullisempi. Piipsjärven painotuskokeen kustannus on ehkä korkea johtuen pienestä koealasta, mutta on selvää, että turvelauttojen poistaminen vesialueelta on parempi menetelmä kuin painotus. Painottamalla upotetut lautat voivat haitata järven virkistyskäyttöä ja kalastusta. Turvelauttojen poistamisella sen sijaan paljastetaan lisää avovesialuetta, joka turvepaksuudesta riippuen voi olla huomattavasti syvempää kuin painotusmenetelmällä saavutettava avovesialue.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kelluviin turvelauttoihin kohdistuvat toimenpiteet keskittään lauttojen suuren pinta-alan vuoksi yleensä vain rajoitettuun osaan lauttoja, lähinnä niihin, joista on erityistä haittaa altaan käytön kannalta. Haitallisia turvelauttoja voidaan upottaa ajamalla talvella niiden päälle yhtenäinen 7-15 cm:n vahvuinen kivennäismaakerros. Kustannusten alentamiseksi painotus on usein tehty kaistapainotuksena, mutta se on aina todettu epävarmaksi. Painotuskustannukset riippuvat ratkaisevasti käytetystä kuljetuskalustosta. Kaluston valintaan vaikuttavat paikalliset jääolosuhteet ja erityisesti turvealueiden vesijään paksuus. Yhtenäinen painotus maksaa traktoreilla tehtynä 80 000-100 000 mk/ha ja kuorma-autoilla 40 000-50 000 mk/ha, joten painotustöitä tehtäessä tulisi mahdollisuuksien mukaan käyttää materiaalin kuljetuksessa kuorma-autoja. Kustannuksia arvioitaessa materiaalin kuljetusmatka oli 3 kilometriä.

Eri tekojärvillä tehtyjen kokeiden onnistumisen ja kustannusten perusteella voidaan kelluvien turvelauttojen poistamisessa soveltaa kuitenkin parhaiten menetelmää, jonka periaatteena on turvelauttojen paloittelu, rantaan hinaus ja läjitys. Menetelmä on varma, sillä turvelautat poistetaan tekojärven vesialueelta.

Turvelauttojen paloittelu on helpointa tehdä talvella käyttämällä kiekkoleikkuria tai jäsahaa. Paloittelukustannus on 1-2 mk/jmtd. Hehtaarikustannus riippuu palojen koosta siten, että ruutukoon pienetessä puoleen kustannus kaksinkertaistuu. Esimerkiksi 20 x 20 m²:n ruudulla se on keskimäärin 1 500 mk/ha. Ruutukoko riippuu käytettävästä hinaustavasta- ja kalustosta.

Matalille rannoille hinattaessa on käytettävä rannalla olevaa vetokalustoa ja tällöin pienikokoinen lautta on helpompi vetää kaivukoneen ulottuville. Rannalla olevaa vinssiä kannattaa käyttää, jos turvelautat sijaitsevat rannan suunnassa lähempänä kuin 300 metriä. Lauttojen sijaitessa kauempana läjityspaikasta käytetään moottorihinaajaa, jolla voidaan hinata olosuhteiden mukaan suuriakin lauttoja. Hinaajalla ei kuitenkaan voida vetää lauttoja matalille rannoille, jolloin hinausta voidaan jatkaa rannalla olevalla vinssillä. Moottorihinaajalle ihanteellisin hinauspaikka on patopenger tai syvä ranta, jolloin hinauskustannus on hinausmatkasta ja lautakoosta riippuen 3 000-5 000 mk/ha. Vuonna 1981 Piipsjärvellä saatujen kokemusten mukaan vinssillä matalalle rannalle hinaaminen maksaa 24 000 mk/ha.

Turvelauttojen läjityksessä on tehokkainta käyttää rei'itetyllä laahakauhalla varustettua kaivukonetta. Läjityksen tapahtuessa padolta voidaan käyttää suurikokoisia kaivukoneita. Matalilla ja pehmeillä rannoilla on käytettävä keveämpää leveysveillä teloilla varustettua konetta. Tarvittaessa voidaan koneen alla käyttää lavoja. Läjityksen kustannus on hyvissä olosuhteissa 2 mk/m³itd, mutta voi nousta hankalissa olosuhteissa yli kaksinkertaiseksi.

Sahaus-hinaus-läjitys-menetelmän kustannukset jäävät hyvis-
sä olosuhteissa 15 000 mk/ha (3 mk/m³itd), mutta Piipsjär-
ven kaltaisissa tapauksissa hehtaarikustannus nousee 40-
45 000 markkaan (10 mk/m³itd). Koska olosuhteet, lähinnä
rannan mataluus ja kantavuus, vaikuttavat ratkaisevasti tä-
män menetelmän kustannuksiin, olisi olosuhteet pyrittävä
luomaan sellaisiksi, että menetelmällä päästäisiin mahdolli-
simman alhaisiin kustannuksiin. Sellaisilla rannoilla, joil-
la turvelautat voidaan hinata joko patopenkereen tai syvän
rannan läheisyyteen, ei ole ongelmia. Tällaisten rantojen
puuttuessa tai ollessa sopimattomia on lautat pyrittävä ve-
tämään sellaisille koneita kantaville rannoille, joissa nii-
tä voidaan käyttää hyväksi rannan käyttöä ja maiseman paran-
tamista ajatellen. Tällöin menetelmän aiheuttamalla kustan-
nuksilla saavutetaan turvelauttojen poistamisen lisäksi ran-
nan paranemisesta tuleva hyöty. Menetelmää voidaan käyttää
myös esimerkiksi venevalkamien ruoppaustöiden yhteydessä
siten, että ennen venevalkamien käyttöönottoa turvelautat
siirretään niiden kautta pois järviolueelta. Veden nostolla
ylärajalte voidaan helpottaa lauttojen vetämistä lähemmäksi
rantaa. Tällöin voidaan myös muodostaa turvelautoista luon-
nollisen näköisiä tekoniemiä. Pienestä lahdenpoukamasta voi-
daan tehdä turpeen läjitysalue rakentamalla syvään veteen
lahden poikki pysyvä tai väliaikainen pengerr, jonka taakse
turve läjitetään. Pengerr voidaan suojata turpeella ja sitä
voidaan käyttää myöhemmin esimerkiksi veneiden rantautumis-
kohtana tai muuhun hyötytarkoitukseen. Hinaus-läjitys-mene-
telmän toteuttamistapa riippuu kunkin tekojärven paikalli-
sista olosuhteista, mutta kaikilla järvillä turvelauttojen
poistamiskustannuksilla olisi pyrittävä saavuttamaan myös
hyötyä joko virkistyskäytön tai maiseman paranemisen muodos-
sa.

Jatkossa olisi pyrittävä kehittämään etenkin sellaisia mene-
telmiä, joilla turvelauttoja siirretään ja läjitetään peh-
meille ja matalille ranta-alueille. Näistä menetelmistä
kannattaa kokeilla erityisellä ponttoonikalustolla toimi-
van laahakaivukoneen soveltumista turpeen poistoon ja lä-
jitykseen. Lisäksi olisi selvitettävä myös törmitetyn tur-
peen soveltuminen kasvualustaksi sekä ranta-alueiden muo-
toilutapa.

Lauttojen upottamiseksi kannattaisi kokeilla myös imuruop-
pajalla tehtävää painotusta siten, että imuruoppaaja pump-
pasi kivennäismaata järven pohjasta kelluvien turvelautto-
jen päälle. Tämä edellyttää tekojärven pohjan maaperän tun-
temista.

T I I V I S T E L M Ä

Tekojärviä rakennetaan tulvasuojelua, voimataloutta, vedenhankintaa ja virkistyskäyttöä varten. Ne padotaan tavallisesti alaville turvepohjaisille alueille, mikä aiheuttaa useimilla tekojärvillä turpeen pintaan nousua vedennoston jälkeen. Nousun aiheuttaa turpeessa muodostuva suokaasu, jonka nostokyky on riippuvainen lämpötila- ja paineolosuhteista turpeessa. Turpeen pintaan noususta johtuen tekojärvelle muodostuu turvelauttoja, jotka haittaavat lähinnä veneilyä, kalastusta ja muuta virkistyskäyttöä sekä voivat pilata oleellisesti järvimaisemaa.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty turpeen nousua, nousun estämiseksi tehtyjä kokeita sekä kelluvien turvelauttojen hävittämiskeinoja. Eri tekojärvillä tehtyjen kokeilujen perusteella on valittu eri olosuhteisiin parhaiten sopiva menetelmä.

Turvelautta-alueiden muodostumista voidaan taloudellisesti ennakolta ehkäistä poistamalla turve niiltä alueilta, jotka soveltuvat polttoturvetuotantoon. Muilla polttoturpeen tuotantoon sopimattomilla nousualttiilla alueilla voidaan turvetta painottaa kivennäismaalla.

Kelluvien turvelauttojen poistamisessa on edullisin sellainen menetelmä, jossa turvelautat sahataan talvella sopivan kokoisiin paloihin ja hinataan sulan kauden aikana rantaan, jossa ne edelleen nostetaan kaivukoneella läjitysalueelle. Tällä menetelmällä päästään suotuisissa olosuhteissa n. 20 000 markan hehtaarikustannukseen. Kivennäismaalla tehty yhtenäinen painotus on tätä kalliimpi menetelmä. Painotus voidaan tehdä myös kaistapainotuksena kustannusten alentamiseksi, mutta se on todettu monissa kokeissa epävarmaksi menetelmäksi. Muitakin turvelauttojen poistamismenetelmiä voidaan käyttää, mutta niiden kustannukset nousevat kohtuuttomiksi saatavaan hyötyyn nähden.

A B S T R A C T

METHODS OF REMOVING FLOATING PEAT MATS IN ARTIFICIAL LAKES

The main reasons for the construction of reservoirs are the hydropower, water supplies, flood control and recreational use. The major drawback to the recreational use, as well as the other activities such as timber floating and boat traffic, is the peat upheaval, which is common in many man-made Finnish lakes. Peat mats are lifted to the surface by gases produced by the process of humification. The gas generated by these processes accumulates in the peat; and when its lifting power becomes great enough to cause a rupture in the peat layer, the detached part is raised to the surface.

This study deals with peat upheaval and methods for its prevention and peat removal. On the basis of the tests performed, the most suitable methods under varying conditions have been selected.

In reservoir areas suitable for the excavation of peat, it is economically feasible to use the peat for energy production thus eliminating the peat upheaval. In other reservoir areas, peat upheaval may be avoided, for example, by spreading a layer of gravel on the peat.

The best method of removing floating peat mats is to first cut them into pieces during the winter and then, during the summer, tow them to the shore, where they are heaped up by excavating machines. Under good conditions, the cost of this method is 15 000 Fmks per hectare. Another method, in which the floating peat is submerged by spreading a uniform layer of gravel on it, is clearly more expensive. It is also possible to use other methods to remove floating peat mats, but they are too expensive for extensive application.

K I R J A L L I S U U S L U E T T E L O

1. Ab Hydroconsult, Lokka och Porttipahta dämningmagasin.
Rapport Nr: HC-65-100. Uppsala 1965.
2. Ab Hydroconsult, Lokka och Porttipahta dämningmagasin.
Slutrapport Nr: HC-71-280. Uppsala 1971.
3. Asiantuntijalausuntoja , Lapin altaiden vaikutukset. Rakennustekniikka 3. 1971 s. 207-214.
4. Heinonen & Airaksinen. Lokan ja Porttipahdan tekojärvien tilan kehittymisestä vuosina 1971-1974. Vesihallituksen tiedotus 77. Helsinki 1974.
5. Isotalo, T. Yhteenveto Hirvijärven ja Hautaperän tekoaltaiden turve- ja turvelauttatutkimuksesta. Vesihallituksen monistesarja 1980:27. Helsinki 1980.
6. Karesniemi K. Kemihaaran altaan suo- ja turvetutkimus. Insinööri- ja limnologitoimisto Oy Vesitekniikka Ab. Helsinki 1974. (Vesihallituksen tiedotus 86. Helsinki 1975).
7. Kivinen E. Suotiede. WSOY. Porvoo 1948.
8. Kleemola E. Soille tehtyjen altaiden veden laatu. Limnologisymposium 1967.
9. Kleemola E. Soille tehtyjen järvien veden laadusta ja sen vaikutuksesta alapuoliseen vesistöön. Diplomityö (TKK) 1965.
10. Muotiala S. Turvelautat. Muistio 9.3.1981.
11. Mustajärvi V. Tekojärvien rakentaminen virkistyskäyttöön. Rakennustekniikka 3. 1980. s. 173-178.
12. Mustajärvi V. Pienehköt tekojärvet virkistyskäyttöä varten. IV Maanparannus- ja vesitaloussymposium, Vaasa 30.-31.5.1972. Vesihallituksen tiedotus 34 A. Helsinki 1972.
13. Nenonen O.S., Nenonen M. Havaintoja Lokan ja Porttipahdan tekoaltaista. Vesihallituksen tiedotus 21. Helsinki 1972.
14. Nenonen O. Kokemuksia Lapin tekojärvistä. Rakennustekniikka 7. 1974.
15. Ruuhijärvi R., Alapassi M., Heikkinen P. Lokan tekoaltaan turvelauttatutkimus. Helsinki 1976.
16. Ruuhijärvi R. Turpeen noususta Lokan altaassa. Suo No 6. 1970.

17. Rönkä E, Alhonen, P. Turvegeologisia tutkimuksia Hirvijärven tekoaltaalla. Vesihallituksen tiedotus 48. Helsinki 1973.
18. Rönkä E. Problem of peat upheaval in Finnish artificial reservoirs. National Board Of Waters. Helsinki Finland 1976.
19. Suoseura ry. (Finnish Peatlands Society). Finnish Peatlands and Their Utilization.
20. Vesihallitus, vesientutkimuslaitos, teknillinen tutkimustoimisto. Kyrkösjärven altaan turvetutkimus. 1975.
21. Vesiyhdistys ry. Suuret tekojärvet. Vesipäivät 11.-12. 5.1976. Helsinki 1976.
22. Vogt H. Voimakkaasti säännöstelltyjen tekojärvien ominaisuuksista, käytöstä ja kunnostuksesta. Vesihallituksen tiedotus 8. Helsinki 1971.
23. Vogt H. An ecological and environmental survey of the humic man-made lakes in Finland. Report no. 575 from Tvärminne Zoological Station University of Helsinki. 1978.

TURPEIDEN RAKENNEKAAVA

Turpeiden rakenne ilmoitetaan VON POSTin käytäntöön ottaman turvekaavan avulla käyttämällä seuraavia lyhennysmerkintöjä.

Maatumisaste eli huminositeetti (H) ilmoitetaan 10-asteikolla:

- H₁ Maatumatonta turvetta, josta puristaessa erkanevää vettä, kirkasta vettä.
- H₂ Melkein maatumatonta turvetta, josta puristaessa erkanevää melkein kirkasta, kellanruskeata vettä.
- H₃ Tuskin maatunutta turvetta, josta puristaessa lähtee selvästi sameata vettä.
- H₄ Heikosti maatunutta turvetta, josta puristaessa lähtee vahvasti sameata vettä. Puristamisjäännös hiukan puuromainen.
- H₅ Jonkin verran maatunutta turvetta, jossa kasvinjätteen rakenne on selvä, mutta himmeä. Puristaessa menee turveainetta vähän sormien välitse ja sen ohella hyvin sameata vettä. Puristamisjäännös on vahvasti puuromaista.
- H₆ Kohtalaisesti maatunutta turvetta, jossa kasvirakenne on epäselvä. Puristaessa menee kork. 1/3 turveainetta sormien välistä. Jäännös on vahvasti puuromaista, mutta sen kasvirakenne on selvempi kuin puristamattoman turpeen.
- H₇ Melko maatunutta turvetta, jonka kasvirakennetta voidaan erottaa vielä aika paljon. Puristaessa menee suunnilleen 1/2 turpeesta sormien välitse. Jos vettä erkanevää, on se hyvin tummaa ja vellimäistä.
- H₈ Hyvin maatunutta turvetta, jonka kasvirakenne on epäselvä. Puristaessa menee 2/3 sormien välistä. Vellimäistä vettä voi erottua. Jäännöksen muodostavat juuret ja muut hyvin säilyvät kasvinosat.
- H₉ Melkein täysin maatunutta turvetta, jossa tuskin erottaa mitään kasvinjätteitä. Puristaessa menee koko turvemäärä samankaltaisena puurona sormien välitse.
- H₁₀ Täysin maatunutta turvetta, jossa ei voi erottaa mitään kasvinjätteitä. Puristaessa menee koko turvemäärä sormien välitse, eikä vapaata vettä erkanevää ollenkaan.

Kosteusaste (B) ilmoitetaan 5-asteikolla:

B₁ = ilmakeuva, B₂ = jonkin verran kuivunut, B₃ = normaalin kostea, B₄ = vetinen ja B₅ = turpeenjätteen ohella pääasiassa vettä.

*Eriophorum vaginatum*in tuppien säikeiden määrä (F) ilmoitetaan 4-asteikolla:

F₀ = säikeet puuttuvat, F₁ = säikeitä vähän, F₂ = säikeitä kohtalaisesti, F₃ = säikeitä erittäin runsaasti.

Juuririhmojen määrä (R) ilmoitetaan vastaavasti 4-asteikolla.
Mikäli mahdollista, merkitään tunnettujen lajien jätteen
näkyviin.

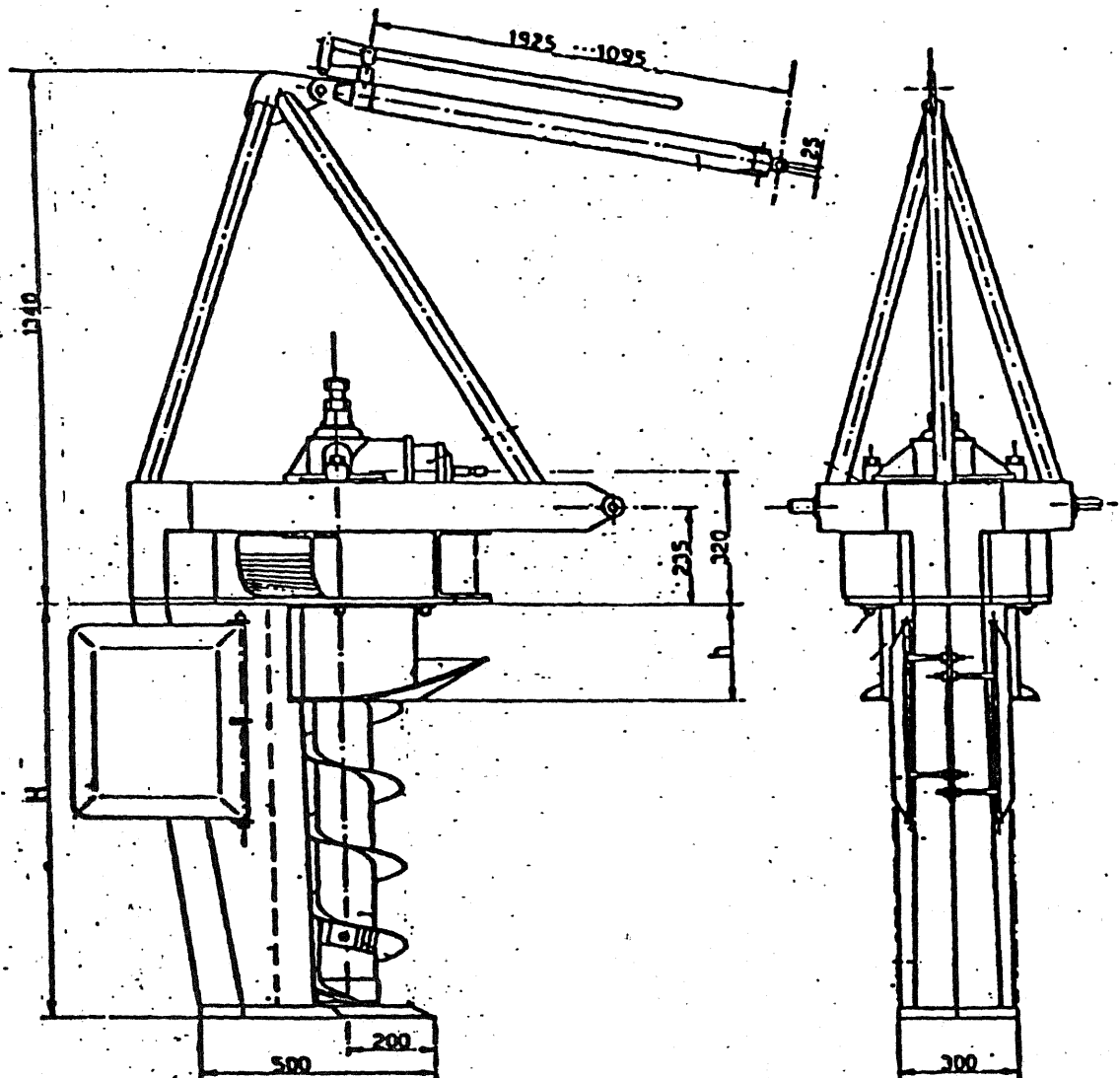
Puunjätteen määrä (V) ilmoitetaan 4-asteikolla kuten edellä.
Tunnetut jätteet mainitaan kaavassa.

LIITE 2.

Hirvijärven allas
Koealue 1

Painotuskaistat

Kaista n:o	Pituus m	Leveys m	Korkeus	
			suunn./cm	Toteut/cm
1	57	2,6		
2	61	2,6	20,0	25,2
3	261	2,6		(\pm 1,0)
4	441	2,6		
5	445	2,6		
6	451	2,5	16,0	19,6
7	455	2,5		(\pm 2,0)
8	462	2,5		
9	461	2,6		
10	459	2,6		
11	465	2,5	12,0	14,5
12	452	2,5		(\pm 1,0)
13	450	2,5		
14	442	2,5		
1-14	5326			



Ojajyrsimien teknillisiä arvoja:

	(Fordien S. Major)	(Volmet 900)
Jyrsin	40/100 cm	30/130 cm
Paino	450 kp	480 kp
Ojan nimellis syvyys	100 cm	130 cm
Ojan nimellis leveys	30 "	30 "
Jyrsinkierukan nousu	20 "	20 "
Kierreosan läpimitta	26,5 "	26,5 "
Terien lukumäärä	17 kpl	22 kpl
Hivelakselin kierrosluku	540 - 720 1/min (9 - 12 1/s)	
Jyrsinkierukan kierrosluku	320 - 430 1/min (5,4 - 7,2 1/s)	
Kulmavaihteen välityssuhde	1:1,62	

